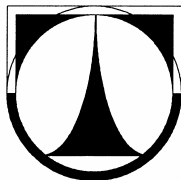


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Jméno a příjmení: Jiří Hnyk
Studijní program: M2301 Strojní inženýrství
Obor: 2302 T010 Konstrukce stojů a zařízení
Zaměření: Kolové dopravní a manipulační stroje

STAVITELNÉ STŘEŠNÍ NOSIČE OSOBNÍHO AUTOMOBILU

ADJUSTABLE GRIDS FOR CARS

KSD – DP – 567

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Brabec

Konzultant diplomové práce: Ing. František Veselý, Swell Hořice

Počet stran: 88

Počet obrázků: 68

Počet příloh: 1

Počet výkresů: 6

Květen 2008

Prohlášení k využívání výsledků diplomové práce

Byl (a) jsem seznámen (a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL. V tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval (a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Declaration for exploitation of the results of graduation theses

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a license for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case the TUL has the right to seek that pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled my thesis on my own with the use of acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date

Signature

Poděkování

Mé poděkování patří zejména Ing. Pavlu Brabcovi, za jeho cenné rady a věcné připomínky, které mi při tvorbě diplomové práce poskytoval a za trpělivost, kterou se mnou při tvorbě této diplomové práce měl.

Rovněž mé poděkování patří i Ing. Františku Veselému za čas a rady, které mi poskytl během konzultací ve firmě Swell, spol. s r.o.

Dále bych rád poděkoval katedře vozidel a motorů za poskytnuté podmínky. A v neposlední řadě i své rodině a všem spolužákům a přátelům, kteří mě po celou dobu studia podporovali a byli mi inspirací.

Anotace

Stavitelné střešní nosiče osobního automobilu

Tato diplomová práce se zabývá konstrukcí nového stavitelného střešního nosiče pro osobní automobil. Nejprve jsou zhodnoceny stávající druhy střešních nosičů. Po té následují návrhy konstrukcí stavitelných střešních nosičů včetně jejich popisů. Další část diplomové práce se zaměřuje pouze na jeden konkrétní návrh, u něhož jsou provedeny i kontrolní výpočty vybraných částí. A v poslední části je daný konstrukční návrh zpracován do výkresové dokumentace pomocí softwaru ProEngineer Wildfire.

Annotation

Adjustable grids for cars

This graduation theses considers a construction of a new adjustable grid for cars. Firstly, the current kinds of grids are reviewed. They are followed by suggestions of construction of grids including their description. Next part of the theses focuses only on one particular engineering design, which includes also control calculations of selected parts. This design is then, by virtue of ProEngineer Wildfire software, processed into a drawing documentation in the last part of the theses

Klíčová slova

Klíčová slova v českém jazyce: stavitelné, střešní, nosiče, podélný, příčný, automobil

Key words in English language: adjustable, roof, grid, lengthwise, traverse, car

OBSAH

Seznam symbolů a jednotek.....	9
1. Úvod.....	11
2. Základní pojmy a rozdělení střešních nosičů.....	12
2.1 Pevné střešní nosiče.....	12
2.1.1 Způsoby upevnění pevných střešních nosičů.....	13
2.2 Stavitelné střešní nosiče.....	17
3. Rešerše.....	20
3.1 Výrobci střešních nosičů.....	20
3.1.1 Atera.....	20
3.1.2 Böhm.....	21
3.1.3 Fapa a Gev.....	22
3.1.4 Mont Blanc.....	23
3.1.5 Neumann.....	24
3.1.6 Piccola – m.....	25
3.1.7 SportRack.....	25
3.1.8 Thule.....	28
3.1.9 Yakima.....	29
3.2 Zhodnocení výrobců střešních nosičů.....	30
3.3 Výrobci automobilů.....	32
3.3.1 Citroën Berlingo.....	32
3.3.2 Citroën C8.....	33
3.3.3 Hyundai Santa Fe.....	34
3.3.4 Kia Carens.....	34
3.3.5 Peugeot 807.....	35
3.3.6 Peugeot Partner Tepee.....	36
3.3.7 Renault Espace.....	37
3.3.8 Renault Kangoo.....	38
3.3.9 Volkswagen Touareg.....	38
3.4 Zhodnocení výrobců automobilů.....	39
3.4.1 Zdokonalení střešních nosičů.....	40

4. Návrhy konstrukčního řešení.....	42
4.1 Požadované cíle konstrukčního řešení.....	42
4.2 První návrh konstrukčního řešení.....	43
4.2.1 Popis konstrukčního řešení.....	44
4.3 Druhý návrh konstrukčního řešení.....	46
4.3.1 Popis konstrukčního řešení.....	47
4.4 Třetí návrh konstrukčního řešení.....	49
4.4.1 Popis konstrukčního řešení.....	50
4.5 Čtvrtý návrh konstrukčního řešení.....	53
4.5.1 Popis konstrukčního řešení.....	54
4.6 Výběr varianty.....	58
5. Kontrolní výpočet.....	60
5.1 Výpočtový model.....	60
5.1.1 Zatěžující síly v těžišti.....	61
5.1.2 Zatěžující síly předního příčnicku.....	62
5.1.3 Zatěžující síly zadního příčnicku.....	64
5.1.4 Zatěžující síly podélného nosiče v místě působení předního příčnicku...	65
5.1.5 Zatěžující síly podélného nosiče v místě působení zadního příčnicku.....	66
5.1.6 Zatěžující momenty působící na spoje podélných nosičů s nohami.....	67
5.2 Kontrola navržených rozměrů příčnicků.....	73
5.3 Kontrola navržených rozměrů evolventního drážkování.....	75
5.4 Kontrola stavitelného střešního nosiče za pomoci metody konečných prvků..	77
6. Závěr.....	87
Seznam použité literatury.....	88

Seznam symbolů a jednotek

Symbol	Popis	Jednotka
a	Zpomalení při nárazu	$[\text{ms}^{-2}]$
b	Výška příčnicku	$[\text{mm}]$
F	Dynamická síla	$[\text{N}]$
F1x	Zatěžující síla předního příčnicku	$[\text{N}]$
F1y	Zatěžující síla předního příčnicku	$[\text{N}]$
F2x	Zatěžující síla zadního příčnicku	$[\text{N}]$
F2y	Zatěžující síla zadního příčnicku	$[\text{N}]$
F6x	Zatěžující síla podélného nosiče	$[\text{N}]$
F6y	Zatěžující síla podélného nosiče	$[\text{N}]$
F7x	Zatěžující síla podélného nosiče	$[\text{N}]$
F7y	Zatěžující síla podélného nosiče	$[\text{N}]$
φ	Součinitel styku zubů	$[-]$
g	Gravitační zrychlení	$[\text{ms}^{-2}]$
G	Gravitační síla	$[\text{N}]$
G1	Zatěžující síla předního příčnicku	$[\text{N}]$
G2	Zatěžující síla předního příčnicku	$[\text{N}]$
h	Šířka příčnicku	$[\text{mm}]$
h_n	Nosná hloubka drážkování	$[\text{mm}]$
L1	Vzdálenost mezi předním spojem a předním příčníkem	$[\text{mm}]$
L2	Vzdálenost mezi příčnicky	$[\text{mm}]$
L3	Vzdálenost mezi zadním spojem a zadním příčníkem	$[\text{mm}]$
L4	Vzdálenost podélného nosiče od osy stavitelného nosiče	$[\text{mm}]$
L5	Vzdálenost mezi podélnými nosiči	$[\text{mm}]$
L6	Výška těžiště	$[\text{mm}]$
L7	Vzdálenost mezi osou předního spoje a působišťem síly F6x	$[\text{mm}]$
L8	Vzdálenost mezi osou zadního spoje a působišťem síly F7x	$[\text{mm}]$
m	Modul evolventního drážkování	$[\text{mm}]$
m_z	Hmotnost umístěná na střešní nosič	$[\text{kg}]$
M3	Zatěžující moment předního spoje	$[\text{Nm}]$
M4	Zatěžující moment zadního spoje	$[\text{Nm}]$

Symbol	Popis	Jednotka
M_A	Reakční moment v předním spoji	[Nm]
M_B	Reakční moment v zadním spoji	[Nm]
M_{O1x}	Ohybový moment předního příčnicku	[Nm]
M_{O1y}	Ohybový moment předního příčnicku	[Nm]
p	Tlak v evolventním drážkování	[MPa]
p_D	Dovolený tlak v evolventním drážkování	[MPa]
R_{Ax}	Reakce v předním spoji	[N]
R_{Ay}	Reakce v předním spoji	[N]
R_{Bx}	Reakce v zadním spoji	[N]
R_{By}	Reakce v zadním spoji	[N]
R_m	Mez pevnosti	[MPa]
s	Šířka evolventního drážkování	[mm]
σ_{D0}	Dovolené napětí v ohybu	[MPa]
σ_{O1x}	Ohybové napětí předního příčnicku	[MPa]
σ_{O1y}	Ohybové napětí předního příčnicku	[MPa]
σ_{O1}	Výsledné ohybové napětí předního příčnicku	[MPa]
t	Doba zpomalení	[s]
v_0	Nulová rychlost automobilu	[ms ⁻¹]
v_1	Počáteční rychlost při crash testu	[ms ⁻¹]
W_{O1x}	Průřezový modul v ohybu předního příčnicku	[mm ³]
W_{O1y}	Průřezový modul v ohybu předního příčnicku	[mm ³]
z	Počet zubů drážkování	[-]

1. Úvod

Střešní nosiče jsou zařízení určená pro přepravu různých nákladů na střeše automobilu. Pod těmito náklady se rozumí: jízdní kola, lodě, lyže a střešní boxy.

Střešní nosiče se dělí na pevné a stavitelné. Pevné mají jedno hlavní určení – přeprava nákladů. Stavitelné střešní nosiče v porovnání s pevnými mají stejné určení, ale navíc umožňují plnění dalších funkcí – např. zasunutí do střechy nebo zajišťují libovolnou vzdálenost nosičů od sebe.

Úvodní část diplomové práce je zaměřena na popis a rozdělení střešních nosičů a stavitelných střešních nosičů. Jsou zde popsány vybrané produkty od jednotlivých výrobců a shrnutí jejich základních vlastností. V následující části jsou stanoveny cíle a vlastnosti pro dosud nepoužívaný druh stavitelných střešních nosičů, které se tak snaží co nejvíce přiblížit požadavkům zákazníka. Na základě těchto cílů jsou provedeny návrhy řešení. Z těchto návrhů se výběrem stanovila varianta pro další zpracování. Tzn., jsou provedeny zjednodušené kontrolní výpočty vybraných částí stavitelného střešního nosiče a následně je vytvořen 3D model sestavy spolu s výkresovou dokumentací.

2. Základní pojmy a rozdělení střešních nosičů

Střešní nosiče se dělí na pevné a stavitelné.

2.1 Pevné střešní nosiče

Tyto pevné střešní nosiče se dále dělí na podélné (viz obr. 2.1) a příčné (viz obr. 2.2).



Obr. 2.1 Pevný podélný střešní nosič (<http://www.skoda-auto.com>)



Obr. 2.2 Pevný příčný nosič (<http://www.stresninosice.cz>)

Podélné střešní nosiče se navíc opatřují tzv. příčníky (viz obr. 2.3). Na tyto příčníky lze další přídatné nosiče – jsou to např. nosiče kol, lodí, lyží, autoboxy a speciální nosiče pro neskladný materiál. V případě příčných střešních nosičů přebírají funkci příčníků samotné střešní nosiče. Příčníky lze z automobilu kdykoliv demontovat podobně jako příčné střešní nosiče. Podélné střešní nosiče jsou upevněny ke střeše automobilu nastálo.



Obr. 2.3 Příčník na podélný střešní nosič (<http://www.thule.com>)

2.1.1 Způsoby upevnění pevných střešních nosičů

Střešní nosiče (podélné nebo příčné) lze na střechu automobilu upevnit několika způsoby a to dle konstrukce střechy automobilu.

I. Pro automobily s normální střechou

Toto upevnění střešních nosičů se používá pro automobily, které nemají k dispozici žádné podélné nosiče nebo jiné přípravy na střeše automobilu. V těchto případech se většinou střešní nosič uchyty na rám dveří (viz obr. 2.4 a obr. 2.5).



Obr. 2.4 Střešní nosič pro automobily s normální střechou (<http://www.thule.com>)



Obr. 2.5 Střešní nosič pro automobily s normální střechou (<http://www.thule.com>)

II. Pro automobily s pevnými body

Toto upevnění střešních nosičů se používá pro automobily, které mají k dispozici vestavěné pevné body pro uchycení střešních nosičů ve střeše automobilu (viz obr. 2.6 a obr. 2.7).



Obr. 2.6 Střešní nosič pro automobily s pevnými body (<http://www.thule.com>)



Obr. 2.7 Střešní nosič pro automobily s pevnými body (<http://www.thule.com>)

III. Pro automobily s odtokovými žlábkami

Toto upevnění střešních nosičů se používá pro automobily, které mají k dispozici odtokové žlábkové (viz obr. 2.8 a 2.9).



Obr. 2.8 Střešní nosič pro automobily s odtokovými žlábkami (<http://www.thule.com>)



Obr. 2.9 Střešní nosič pro automobily s odtokovými žlábkami (<http://www.thule.com>)

IV. Pro automobily s T – drážkami

Toto upevnění střešních nosičů se používá pro automobily, které mají k dispozici T – drážku (viz obr. 2.10 a 2.11).



Obr. 2.10 Střešní nosič pro automobily s T – drážkami (<http://www.thule.com>)



Obr. 2.11 Střešní nosič pro automobily s T – drážkami (<http://www.thule.com>)

V. Magnetické upevnění

Tento druh upevnění neslouží přímo k uchycení podélných nebo příčných střešních nosičů. Používá se jako druh upevnění pro nosič lyží nebo snowboardů (viz obr. 2.12).



Obr. 2.12 Magnetický střešní nosič (<http://www.neumax.cz>)

Výše uvedené druhy upevnění jsou uvedeny na příkladech příčných střešních nosičů. Z hlediska konstrukce střech automobilů platí pro upevnění podélných střešních nosičů stejné možnosti. U podélných střešních nosičů výrobci upřednostňují upevnění do pevných bodů bez možnosti pozdější demontáže těchto střešních nosičů.

2.2 Stavitelné střešní nosiče

V principu mohou být tři základní druhy stavitelných střešních nosičů.

I. Příčně stavitelné střešní nosiče

Střecha automobilu je opatřena párem kolejnic, ve kterých se pohybují dva příčné nosiče (viz obr. 2.13). Ty se pak dají nastavit do námi zvolené polohy. V rozsunuté poloze na ně lze upínat další komponenty (autoboxy, nosiče kol, lyží atd.). Někteří výrobci upravují tvar těchto nosičů tak, aby se po jejich sesunutí k sobě vytvořil falešný střešní spoiler – stejně jako tomu je na obr. 2.13.



Obr. 2.13 Příčně stavitelný střešní nosič na Renaultu Espace (<http://www.renault.cz>)

II. Podélně/příčně stavitelné střešní nosiče

V tomto případě má automobil střechu opatřenou podélným střešním nosičem (viz obr. 2.14). Část tohoto podélného střešního nosiče lze v případě potřeby přestavit i na příčný střešní nosič.



Obr. 2.14 Podélně/příčně stavitelný střešní nosič na Renaultu Kangoo
(<http://www.xelopolis.com>)

III. Výškově stavitelné střešní nosiče

Tyto střešní nosiče lze v případě potřeby vysunout ze střechy a využít je tak pro přepravu. Po té je lze opět zasunout do střechy. V dostupných zdrojích se žádné výškově stavitelné střešní nosiče neobjevily, proto jsou tématem návrhu v této diplomové práci.

3. Rešerše

Rešerše je rozdělena na dvě části. První část se věnuje výrobcům, kteří se zabývají výrobou střešních nosičů. Druhá část je zaměřená na výrobce automobilů, kteří v příslušenství ke svým automobilům nabízejí rovněž střešní nosiče. V mnohých případech výrobci střešních nosičů spolupracují s výrobcí automobilů. Proto se v katalogu příslušenství k jednotlivým automobilům objevují stejné produkty, jako v nabídce výrobců střešních nosičů.

3.1 Výrobci střešních nosičů

Tato kapitola nezahrnuje všechny dostupné výrobce. Jsou v ní zahrnuti pouze ti nejvýznamnější a ti co se zabývají výrobou stavitelných střešních nosičů. Nosiče, které jsou dále uvedené, svojí velikostí ve většině případů odpovídají automobilu Škoda Octavia Kombi I.

3.1.1 Atera

Firma Atera je německý výrobce střešních nosičů, který se zabývá výrobou příčných střešních nosičů.

Příčné střešní nosiče jsou ke střeše automobilu upevněny za nosné body určené výrobcem automobilu pro upnutí střešních nosičů pod podélnou lištou ve střeše automobilu (viz obr. 3.1). Výrobek je dodáván se zámkou. Výhodou tohoto nosiče je jeho kompletní sestavení již od výrobce, odpadá tak časově náročná prvotní montáž. Firma Atera je také dodavatelem originálních střešních nosičů pro automobilky jako jsou např. Mercedes Benz, BMW a Audi.



Obr. 3.1 Příčný střešní nosič firmy Atera v provedení „ALU“, katalogové číslo 045102, nosnost 75 kg (<http://www.atera.info>)

3.1.2 Böhm

Böhm je český výrobce střešních nosičů, který se zabývá výrobou příčných (viz obr. 3.2) i stavitelných střešních nosičů (viz obr. 3.3).

Příčné střešní nosiče této firmy se montují za rám karoserie (viz obr. 3.2). Tyto nosiče jsou testovány na šesti násobek nominálního zatížení, které činí 50 kg.



Obr. 3.2 Příčný střešní nosič firmy Böhm v hliníkovém provedení, označení Systém C ALU, nosnost 50 kg (<http://www.stresninosice.cz>)

Stavitelné střešní nosiče se montují na automobily, které jsou opatřeny podélnou T – drážkou (viz obr. 3.3). K přestavení do jiné polohy je potřebné nářadí. Tyto nosiče jsou opět testovány na šesti násobek nominálního zatížení, které činí 50 kg.



Obr. 3.3 Staviteľný střešní nosič firmy Böhm, označení Systém P, nosnost 50 kg
(<http://www.stresninosice.cz>)

3.1.3 Fapa a Gev

Firmy Fapa a Gev jsou výrobci z Itálie, jejichž hlavní doménou jsou magnetické střešní nosiče (viz obr. 3.4 a 3.5), proto jsou uváděny společně v jedné kapitole. Obě firmy tyto magnetické střešní nosiče navrhují pro přepravu lyží a snowboardů.



Obr. 3.4 Magnetický střešní nosič Fapa Primo pro upevnění dvou párů lyží
(<http://www.stresninosice.cz>)



Obr. 3.5 Magnetický střešní nosič Gev Kata pro upevnění dvou párů lyží nebo dvou snowboardů (<http://www.stresninosice.cz>)

3.1.4 Mont Blanc

Mont Blanc je švédský výrobce střešních nosičů, který se zabývá výrobou příčných střešních nosičů.

Příčné střešní nosiče od firmy Mont Blanc jsou určené pro automobily s normální střechou (viz obr. 3.6).



Obr. 3.6 Příčný střešní nosič od firmy Mont Blanc v provedení „ocel“, označení System 3000, nosnost 75 kg (<http://www.montblanc.se>)

3.1.5 Neumann

Firma Neumann je českým výrobcem střešních nosičů, v jehož nabídce se nenacházejí stavitelné střešní nosiče, ale pouze se zabývá výrobou podélných (viz obr. 3.7) a příčných střešních nosičů (viz obr. 3.8).

Podélné střešní nosiče se montují pevně ke střeše automobilu do podélné lišty zabudované ve vozidle (viz obr. 3.7). Demontáž není později možná. Montáž tohoto výrobku se doporučuje jen v odborné dílně.



Obr. 3.7 Podélný střešní nosič od firmy Neumann, kódové označení NPO5503, délka nosiče 166 cm, nosnost 75 kg (<http://www.neumax.cz>)

Příčný střešní nosič je určen pro montáž do vestavěných pevných bodů, které jsou určeny výrobcem pro upínání střešních nosičů na střechu automobilu (viz obr. 3.8).



Obr. 3.8 Příčný střešní nosič od firmy Neumann, kódové označení NAA5511, nosnost 50 kg (<http://www.neumax.cz>)

3.1.6 Piccola – m

Jde o českého výrobce, jenž se zabývá výrobou příčných střešních nosičů. Příčné střešní nosiče této firmy jsou na automobil upevněny v místech tomu určených od výrobce automobilu (viz obr. 3.9). Tyto pevné body se většinou nachází pod plastovými odnímatelnými krytkami.



Obr. 3.9 Příčný střešní nosič od firmy Piccola – m, typ nosiče PICCAR – PC4001, vlastní hmotnost 4.1 kg, nosnost 75 kg (<http://www.piccolam.cz>)

3.1.7 SportRack

SportRack je kanadský výrobce střešních nosičů, který se nezabývá výrobou podélných střešních nosičů. V nabídce tohoto výrobce se tedy nacházejí příčné (viz obr. 3.10) i stavitelné střešní nosiče (viz obr. 3.11, obr. 3.12 a obr. 3.13).

Příčné střešní nosiče firmy Sportrack jsou určeny pro automobily s normální střechou (viz obr. 3.10).



Obr. 3.10 Příčný střešní nosič od firmy SportRack, typ nosiče A0230, nosnost 75 kg
(<http://www.sportrack.com>)

Stavitelný střešní nosič Glider Series umožňuje celkem devět poloh nastavení příčníků (viz obr 3.11). Je například určen pro automobily značek Chevrolet, Ford, Honda, Mazda, Toyota ad.



Obr. 3.11 Stavitelný střešní nosič od firmy SportRack s ukázkou montáže, označení Glider Series (<http://www.sportrack.com>)

Stavitelný střešní nosič Activa Series umožňuje rovněž devět různých poloh nastavení příčníků (viz obr. 3.12). Výrobce nabízí i nátěr v barvě karoserie, nebo pochromovaný. Příklad použití pro značky automobilů se shoduje s výše uvedeným.



Obr. 3.12 Stavitelný střešní nosič od firmy SportRack, označení Activa Series
(<http://www.sportrack.com>)

Firma SportRack se také zabývá výrobou stavitelných střešních nosičů, které se pohybují v drážce (viz obr. 3.13). Do této drážky lze kromě příčného střešního nosiče s označením A02960 upevnit také model s označením Glider Series (viz obr. 3.11). Tento druh nosiče je určen pro užitkové automobily.

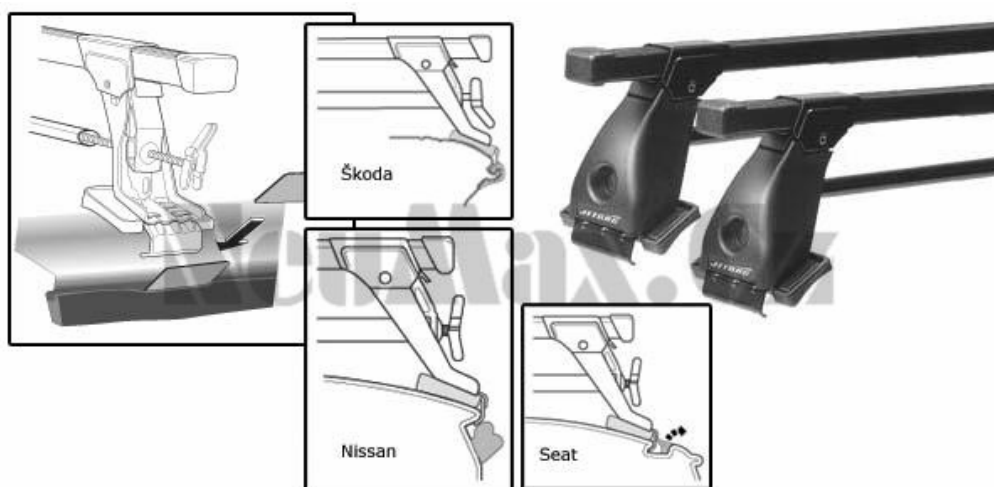


Obr. 3.13 Stavitelný střešní nosič od firmy SportRack s příčným střešním nosičem A02960, nosnost 75 kg (<http://www.sportrack.com>)

3.1.8 Thule

Tato švédská firma se nezabývá výrobou podélných střešních nosičů. V její nabídce se nacházejí příčné střešní nosiče (viz obr. 2.5, obr. 2.7, obr. 2.9 a obr. 3.14) i stavitelné střešní nosiče (viz obr. 2.11 a 3.15).

Příčné střešní nosiče jsou dodávány jako komplet (viz obr. 3.14). Na obrázku (viz obr. 3.14) je výrobek s obchodním označením JETBAG. Tyto výrobky jsou součástí produkce firmy Thule.



Obr. 3.14 Příčný střešní nosič od firmy JetBag (Thule), kódové označení JBZ258 (4305), nosnost 75 kg (<http://www.neumax.cz>)

Stavitelné střešní nosiče této firmy musí mít k dispozici podélnou T – drážku již od výrobce automobilu (viz obr. 2.11 a obr. 3.15). Tento nosič lze pouhým zacvaknutím připevnit nebo snadno sundat.



Obr. 3.15 Stavitelný střešní nosič od firmy Thule, označení Thule Rapid Tracker 4700, nosnost 100 kg (<http://www.stresni-nosice.cz>)

3.1.9 Yakima

Firma Yakima je výrobcem střešních nosičů z U.S.A. V jeho nabídce se nenacházejí podélné střešní nosiče. Zabývá se výrobou příčných (viz obr. 3.16) a stavitelných střešních nosičů (viz obr 3.17).

Příčné střešní nosiče firmy Yakima jsou určeny pro automobily s normální střechou (viz obr. 3.16).



Obr. 3.16 Příčný střešní nosič od firmy Yakima, označení Q Towers 80000124, nosnost 75 kg (<http://www.yakima.com>)

Stavitelné střešní nosiče této firmy se opět pohybují v T – drážce (viz obr. 3.17). Přestavit do určené polohy je lze ručním povolením šroubu. Po nastavení do požadované pozice se šroub opět ručně utáhne.



Obr. 3.17 Stavitelný střešní nosič od firmy Yakima, označení Factory Crossbar
(<http://www.yakima.com>)

3.2 Zhodnocení výrobců střešních nosičů

Výrobci střešních nosičů se všeobecně snaží, aby jejich produkty šly snadno upevnit na střechu automobilu (snižují tím tak časovou náročnost pro provedení celé aplikace upevnění z pohledu zákazníka) a aby tyto produkty automobilu co nejméně škodily (střešní nosiče v místech kontaktu s karoserií automobilu opatřují měkčími plasty, aby se co nejvíce snížilo riziko poškození nátěrových vrstev nanesených na karoserii). Bezpečnost střešních nosičů dokládají certifikáty z testů.

U výrobců střešních nosičů lze vysledovat celkem tři druhy používaných stavitelných střešních nosičů.

I. Příčný střešní nosič, který se upíná do T – drážky

Tento střešní nosič zajišťuje příčnou stavitelnost (viz obr. 2.11). Jeho nespornou výhodou je, že se upíná do T – drážky, čímž nedochází k žádnému styku nosiče s karosérií, jako tomu například je u příčných střešních nosičů. U některých výrobců je nutné mít ke změně polohy nosiče nářadí. Ostatní výrobci tuto nevýhodu odstranili a jejich nosiče lze přestavit bez použití nářadí. Všeobecnou nevýhodou tohoto řešení však zůstává fakt, že automobil musí být opatřen T – drážkou již od svého výrobce.

II. Magnetické střešní nosiče

U magnetických střešních nosičů je jistá míra stavitelnosti zajištěna (viz obr. 3.4). Tyto střešní nosiče jsou spíše určeny pro krátkodobý převoz nákladů o malé hmotnosti (tzn. lyží a snowboardů). Jejich nevýhodou je nízká zatížitelnost, střecha automobilu nesmí být opatřena střešním okýnkem, poškození nátěrových vrstev pod vlastním střešním nosičem v případě, kdy se místo dostatečně neočistí. Další nevýhodou je, že střecha automobilu musí být vyrobena z feromagnetického materiálu.

III. Podélný střešní nosič se zabudovanými příčníky

Jde například o produkt Aactiva Series firmy SportRack (viz obr. 3.12). V tomto případě se na střechu pevně upne podélný střešní nosič, v němž se pohybuje příčník, který tak zajišťuje příčnou stavitelnost. Tento druh nosiče snižuje pravděpodobnost poškození automobilu od nosiče na minimum a zároveň odstraňuje nutnost mít k podélnému střešnímu nosiči navíc příčník.

3.3 Výrobci automobilů

Tato kapitola se zaměřuje pouze na výrobce automobilů resp. na automobily a to konkrétně na ty, u kterých se v jejich nabídce příslušenství objevují stavitelné střešní nosiče. I výrobci automobilů mají ve svých nabídkách podélné nebo příčné pevné střešní nosiče, které jsou ale principiálně stejné jako výše uvedené. V závěrečném zhodnocení bude pouze uvedeno zdokonalení v této oblasti střešních nosičů.

3.3.1 Citroën Berlingo

Tento automobil výrobce opatřil stavitelnými nosiči, které jdou z podélných přestavit na příčné (viz obr. 3.18 a obr. 3.19). Informace k tomuto nosiči jsou pouze kusé, protože se jedná o automobil, který bude na trh uveden až ve druhém čtvrtletí roku 2008.



Obr. 3.18 Podélně/příčně stavitelný střešní nosič v podélné poloze na Citroënu Berlingo
(<http://www.auto.cz>)



Obr. 3.19 Podélně/příčně stavitelný střešní nosič v příčné poloze na Citroënu Berlingo
(<http://www.auto.cz>)

3.3.2 Citroën C8

Citroën C8 je jeden z automobilů, který disponuje stavitelnými střešními nosiči (viz obr. 3.20). Tyto nosiče jsou upevněny posuvně v kolejnicích na střeše automobilu a zajišťují tak příčnou stavitelnost. Jestliže jsou rozsunuté (viz obr. 3.20), lze na ně upevnit střešní box, držák na surfová prkna, lyže, kajaky, kola atd. V případě, kdy se nepožívají k přepravě nákladu, lze je sesunout k sobě a vytvoří tak falešný střešní spoiler.



Obr. 3.20 Příčně stavitelný střešní nosič v rozsunuté poloze na Citroënu C8
(<http://www.citroen.sk>)

3.3.3 Hyundai Santa Fe

V případě automobilu Hyundai Santa Fe jsou ke střeše automobilu připevněny podélné střešní nosiče, které jsou opatřeny drážkou, v níž se pohybuje příčník (viz obr. 3.21). Pohyb příčníku v drážce zajišťuje příčnou stavitelnost tohoto nosiče. Navíc lze příčník z automobilu odejmout a zůstanou tak pouze podélné střešní nosiče, které jsou nižší v porovnání s podélnými nosiči a které na trh dodávají výrobci střešních nosičů.



Obr. 3.21 Příčně stavitelný střešní nosič na Hyundaii Santa Fe, nosnost 100 kg
(<http://www.hyundai.cz>)

3.3.4 Kia Carens

Stavitelné střešní nosiče, které se používají na automobilu Kia Carens (viz obr. 3.22), jsou stejného provedení jako u automobilu Hyundai Santa Fe (viz obr. 3.21).



Obr. 3.22 Příčně stavitelný střešní nosič na automobilu Kia Carens, nosnost 100 kg
(<http://www.autapb.com>)

3.3.5 Peugeot 807

Stejně jako v případě Citroënu C8 (viz obr. 3.20) i zde je stavitelný střešní nosič namontován posuvně v kolejnicích (viz obr. 3.23). Nosiče se zajišťují pomocí západek, které jsou umístěné z vnitřní strany patky nosiče. Lze na nich přepravovat střešní boxy (viz obr. 3.23), držáky kol, lyží atd. Když se nepoužívají k přepravě nákladu, lze je sesunout k sobě a vytvoří tak falešný střešní spoiler (viz obr. 3.24).



Obr. 3.23 Příčně stavitelný střešní nosič v rozsunuté poloze a s upevněným střešním boxem na Peugeotu 807, nosnost 100 kg (<http://www.peugeot.cz>)



Obr. 3.24 Příčně stavitelný střešní nosič v sesunuté poloze (falešný střešní spoiler) na Peugeotu 807, nosnost 100 kg (<http://www.auto.cz>)

3.3.6 Peugeot Partner Tepee

Tento automobil by měl být podobně jako Citroën Berlingo (viz obr. 3.18 a obr. 3.19) opatřen stavitelným střešním nosičem, který lze z podélného přestavit na příčný (viz obr. 3.25). Informace k tomuto nosiči jsou opět kusé, protože se jedná o automobil, který bude na trh uveden až v druhé polovině roku 2008.



Obr. 3.25 Podélně/příčně stavitelný střešní nosič v podélné poloze na Peugeotu Partner Tepee (<http://www.auto.cz>)

3.3.7 Renault Espace

Tyto stavitelné střešní nosiče (viz obr. 2.13 a obr. 3.26) pracují na stejném principu, jako tomu bylo u předchozích případů – Citroën C8 (viz obr. 3.20) a Peugeot 807 (viz obr. 3.24). Lze na ně opět upevnit střešní box, držák lyží, kol atd. Funkce sesunutí do falešného střešního spoileru platí i v tomto případě.

Renault - Xelopolis.com



Obr. 3.24 Příčně stavitelný střešní nosič na Renaultu Espace v sesunuté poloze, nosnost 80 kg (<http://www.xelopolis.com>)

3.3.8 Renault Kangoo

Renault Kangoo disponuje stavitelnými střešními nosiči, které zajišťují podélně/příčnou stavitelnost (viz obr. 2.14 a obr. 3.25). V tomto případě se tyto nosiče znatelně odlišují od případů Citroënu Berlingo (viz obr. 3.18 a obr. 3.19) a Peugeotu Partner Tepee (viz obr. 3.25). Tato odlišnost spočívá v tom, že se oddělí pouze část z podélného střešního nosiče a upne do protějšího podélného nosiče. Navíc je zde možnost výběru ze dvou možných vzdáleností od sebe. Po přestavení do příčné polohy lze opět dále upínat střešní boxy aj.

Volgare - Renault.com



Obr. 3.25 Podélně/příčně stavitelný střešní nosič v příčné poloze na Renaultu Kangoo, nosnost 80 kg (<http://www.xelopolis.com>)

3.3.9 Volkswagen Touareg

Stavitelné střešní nosiče na Volkswagenu Touareg jsou dalším zástupcem z příčně stavitelných střešních nosičů (viz obr. 3.26). Princip je stejný jako u výše uvedených. Umožňují tak upevnění střešních boxů, držáků na surfová prkna, lyže, kajaky, kola atd. Vlastní hmotnost těchto nosičů je cca 5,6 kg. V případě jejich nepoužívání se sesunou k sobě a vytvoří tak falešný střešní spoiler.



Obr. 3.26 Příčně stavitelný střešní nosič v rozsunuté poloze na Volkswagenu Touareg, nosnost střechy 100 kg (<http://www.volkswagen.cz>)

3.4 Zhodnocení výrobců automobilů

Z pohledu stavitelnosti střešních nosičů lze u výrobců automobilů vysledovat širší nabídku, než tomu bylo v případě výrobců střešních automobilů. Navíc v případě automobilek je daný střešní nosič tvarově upraven tak, aby byl sladěn s autem, pro který je určen.

U výrobců automobilů lze vysledovat celkem čtyři druhy používaných stavitelných střešních nosičů.

I. Příčné střešní nosiče pohybující se v kolejničích

Tento střešní nosič zajišťuje příčnou stavitelnost tím, že dva příčné střešní nosiče jsou pohyblivě uloženy v kolejničích (viz obr. 2.13). Proto lze tyto příčné nosiče nastavovat do požadované vzdálenosti od sebe. V momentě, kdy je uživatel již nepotřebuje k přepravě, je sesune k sobě do zadní části automobilu, kde tak vytvoří falešný střešní spoiler.

II. Příčníky pohybující v podélných střešních nosičích

Příčníky pohybující se v drážce podélných střešních nosičů zajišťují příčnou stavitelnost (viz obr. 3.21). Výhodou těchto nosičů je, že příčníky lze odejmout a na střeše tak zůstanou pouze nízké podélné nosiče, které jsou výškově menší než podélné střešní nosiče, které dodávají výrobci střešních nosičů.

III. Podélné střešní nosiče přestavitelné na příčné – přesunují se jako celek

Tyto nosiče zajišťují podélně/příčnou stavitelnost (viz obr. 3.18 a obr. 3.19). Jejich nevýhodou může být ta skutečnost, že celý podélný nosič začne po přesunutí plnit funkci příčného nosiče. Což znamená, že podélný nosič nesmí být rozměrově větší, než je šířka automobilu.

IV. Podélné střešní nosiče přestavitelné na příčné – přesunuje se pouze část

Tyto nosiče jsou dalším představitelem podélně/příčné stavitelnosti (viz obr. 2.14). V tomto případě se odděluje pouze část podélného nosiče, které po přesunutí tvoří příčný střešní nosič. Podélný nosič může tedy být libovolně dlouhý, což se v porovnání s předchozím případem jeví jako lepší řešení.

3.4.1 Zdokonalení střešních nosičů

Tato kapitola se věnuje zdokonalení v oblasti pevných střešních nosičů, které lze vysledovat u výrobců automobilů.

Nejvýraznější zlepšení lze vysledovat v oblasti pevných podélných střešních nosičů, kdy je jejich výška potlačena na minimum (viz obr. 3.27).



Obr. 3.27 Pevný podélný střešní nosič „nízky“ na Opel Signum (<http://www.opel.de>)

4. Návrhy konstrukčního řešení

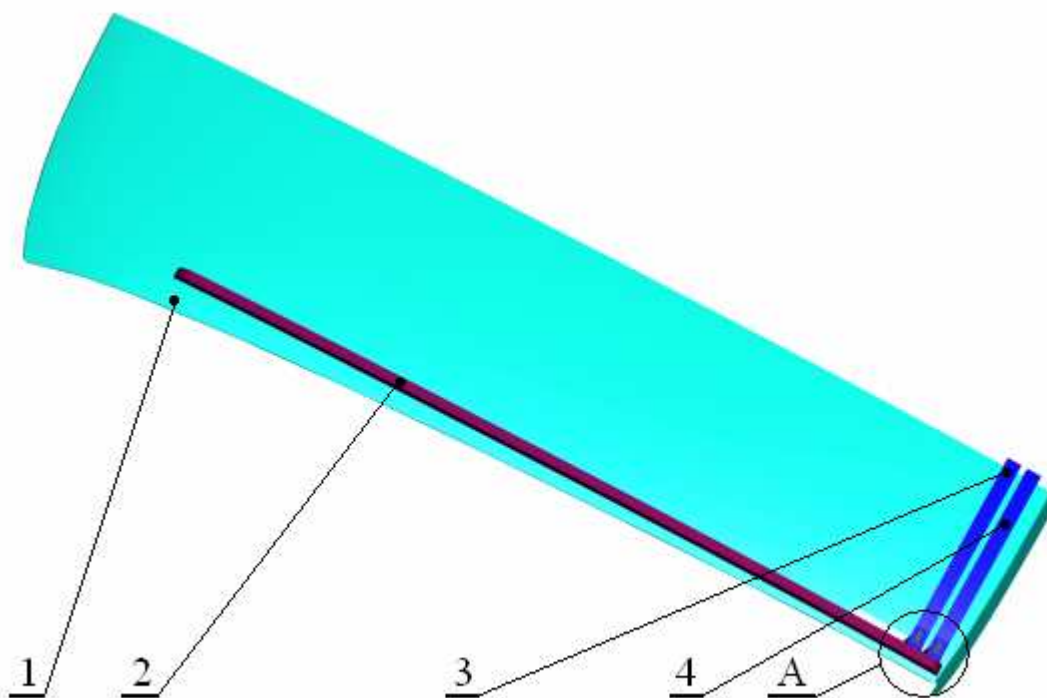
Následující část bude věnována požadovaným cílům, které by měly splňovat stavitelné střešní nosiče. Rovněž jsou zde popsány i jednotlivé konstrukční návrhy, ze kterých se vybralo řešení pro další zpracování v této diplomové práci.

4.1 Požadované cíle konstrukčního řešení

- **Jednoduchá výroba dílů:** malý počet dílů zjednodušuje a snižuje náklady na výrobu. Při malém počtu dílů je i nižší riziko poruchy, která by tak mohla ovlivnit funkčnost celého střešního nosiče.
- **Jednoduchá montáž:** střešní nosič by měl co nejméně zasahovat do prostoru pod střechou a neovlivňovat zde další zařízení (např. hlavové airbagy).
- **Snadné používání:** pro spotřebitele by použití resp. manipulace se střešním nosičem měla být co nejjednodušší a bez použití nářadí.
- **Lepší hlukové vlastnosti:** v poloze kdy je střešní nosič zasunut by měl působit menší hluk v porovnání s vysunutou polohou, nebo při porovnání s pevnými nosiči.
- **Menší odpor vzduchu:** střešní nosič by měl v zasunuté poloze klást menší odpor vzduchu v porovnání s pevnými střešními nosiči, nebo s vysunutou polohou.
- **Vhodnější začlenění do designu vozidla:** stavitelný střešní nosič, který by byl určen pro daný automobil, lze opatřit takovým tvarem, který může lépe doplňovat design automobilu, než je tomu v případě, kdy se střešní nosič zakoupí od některého z výrobců střešních nosičů.

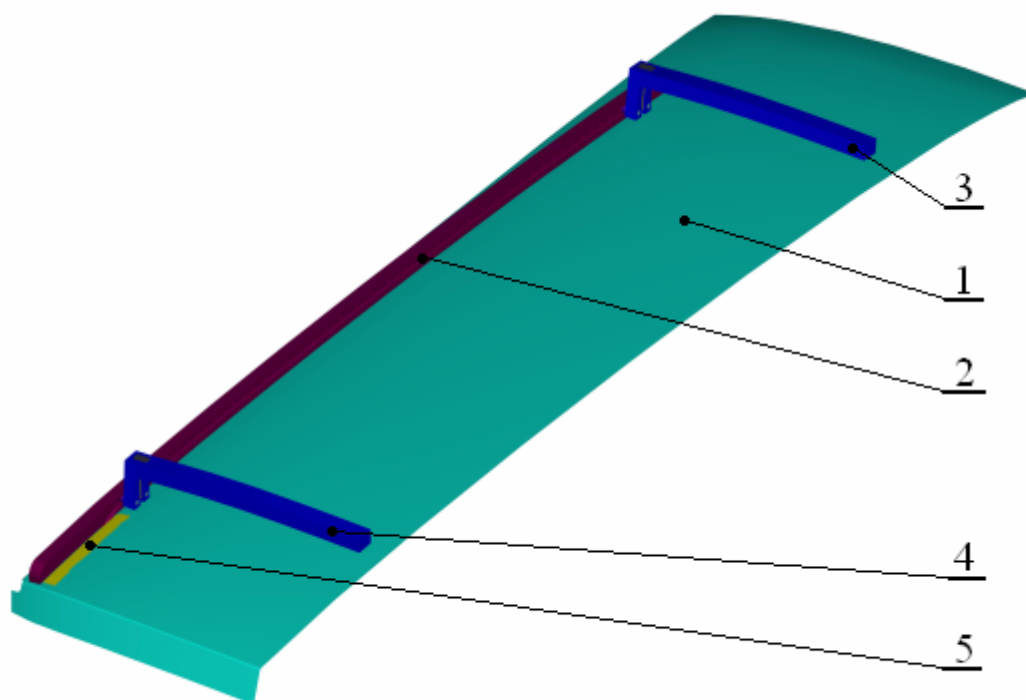
4.2 První návrh konstrukční řešení

V tomto návrhu se jedná o výškově stavitelný příčný střešní nosič (viz obr. 4.1 a obr. 4.2).



Obr. 4.1 Výškově stavitelný střešní nosič v sesunuté poloze

1 – střecha automobilu, 2 – podélný střešní nosič, 3 – přední příčník, 4 – zadní příčník,
A – označení detailu zobrazeného na obr. 4.3



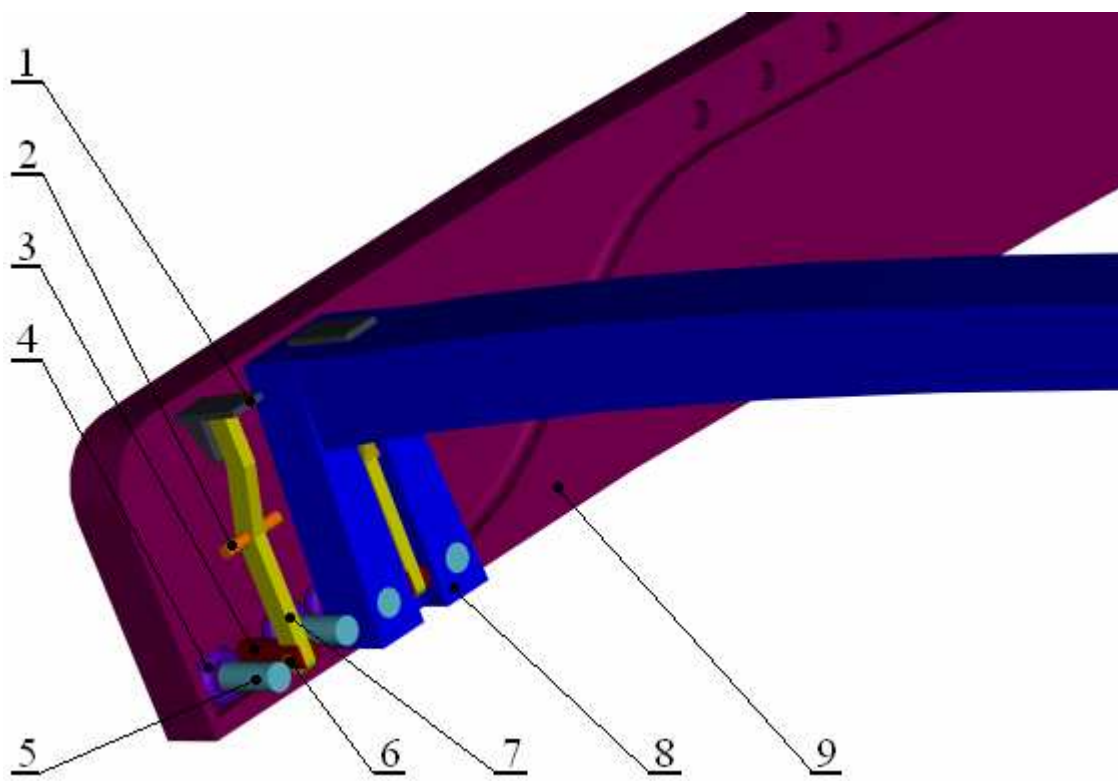
Obr. 4.2 Výškově stavitelný střešní nosič v rozsunuté poloze

1 – střecha automobilu, 2 – podélný střešní nosič, 3 – přední příčník, 4 – zadní příčník, 5 – kryt otvoru

4.2.1 Popis konstrukčního řešení

V tomto řešení (viz obr. 4.3) je příčník **8** na každé straně opatřen párem kol **4**. Tato kola se spolu s příčníkem mohou pohybovat v drážce, která je umístěna v podélném střešním nosiči **9**. Drážka má esovitý tvar, čímž je jednak zajištěno výškové přestavení příčníku, ale i příčné přestavení příčníku. Poloha příčníku je zajištěna pomocí zajišťovacího čepu **3**, který se za pomoci pákového mechanismu **2,6** a **7** zasunuje do děr umístěných v ose drážky. Zarážka **1** zajišťuje polohu páky **7** tak, aby se čep samovolně nevysunul z díry. V případě přestavení příčníku do jiné polohy lze zarážku vyndat, přesunout páku tak, aby se čep vysunul z díry a zarážkou, která je otočená o 180°, opět zajistit polohu páky. Páka se tak opět nemůže svévolně pohybovat, čímž je zajištěn případ, že by se čep samovolně zasunul zpět do díry při přestavování příčníku. Po přestavení příčníku se zarážka opět vyndá, pomocí pákového mechanismu se čep zasune do díry a zarážka otočená o 180° stupňů se zasune zpět na svoje místo, aby opět zajišťovala polohu páky.

Jestliže se příčníky budou nacházet v rozsunuté poloze, vzniká po nich otvor ve střeše automobilu. Tento otvor by uživatel zakryl sám za pomoci krytu **5** (viz obr. 4.2).

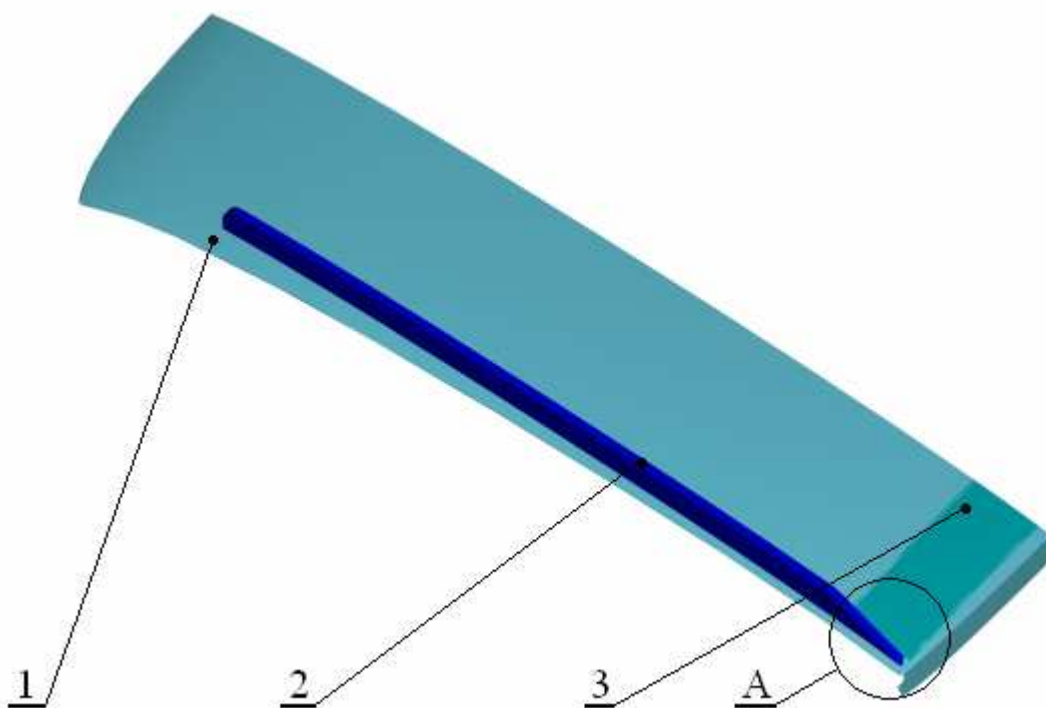


Obr. 4.3 Detail výškově stavitelného střešního nosiče v sesunuté poloze

1 – zarážka, 2 – osa páky, 3 – zajišťovací čep, 4 – kolo příčníku, 5 – osa kola, 6 – osa čepu, 7 – páka, 8 – přední příčník, 9 – podélný střešní nosič s esovitou drážkou

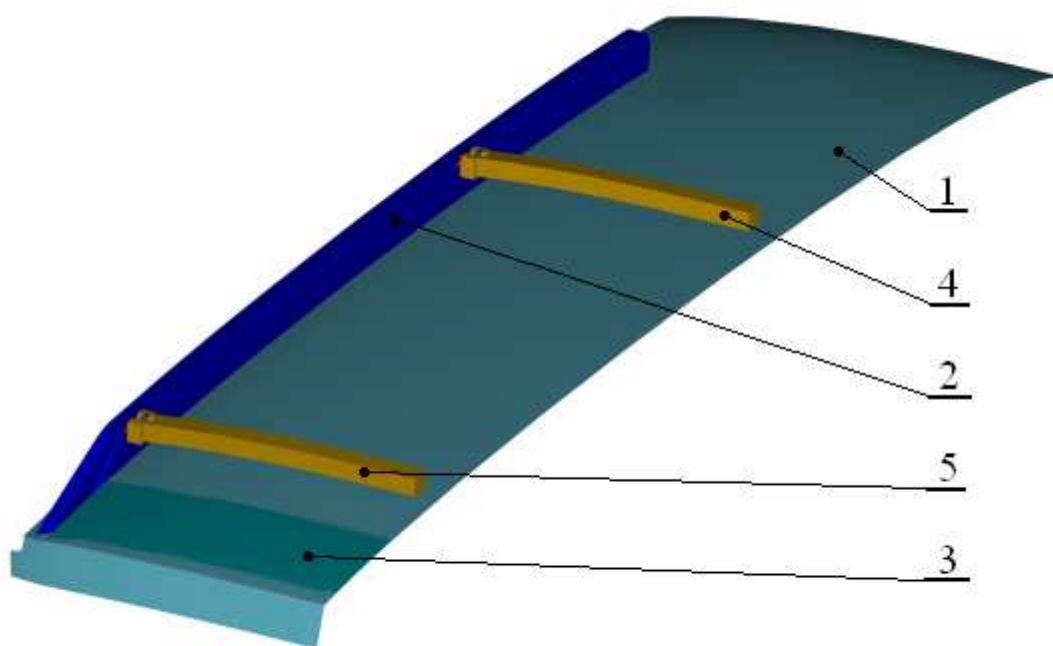
4.3 Druhý návrh konstrukčního řešení

V tomto návrhu se podobně jako v předchozím případě jedná o výškově stavitelný příčný střešní nosič (viz obr. 4.4 a obr. 4.5).



Obr. 4.4 Výškově stavitelný střešní nosič v sesunuté poloze

1 – střecha automobilu, 2 – podélný střešní nosič, 3 – kryt příčnicků, A – označení detailu zobrazeného na obr. 4.6



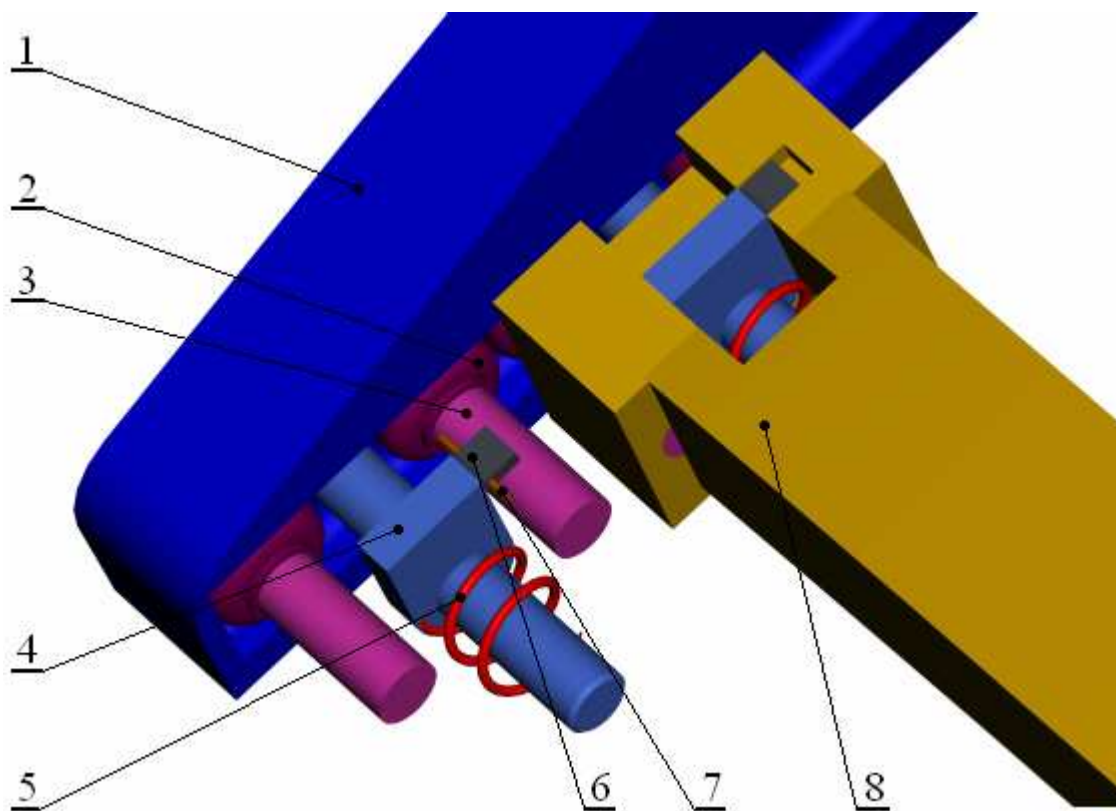
Obr. 4.5 Výškově stavitelný střešní nosič v rozsunuté poloze

1 – střecha automobilu, 2 – podélný střešní nosič, 3 – kryt příčníků, 4 – přední příčník, 5 – zadní příčník

4.3.1 Popis konstrukčního řešení

Toto řešení (viz obr. 4.6) se do značné míry shoduje s předchozím návrhem. Příčník **8** je opět na každé straně opatřen párem kol **2**. Tato kola se spolu s příčníkem mohou pohybovat v drážce, která je umístěna v podélném střešním nosiči **1**. Drážka je esovitého tvaru, čímž zajišťuje jednak výškové přestavení příčníku, ale i příčné přestavení příčníku. Poloha příčníku je zajištěna pomocí čepu **4**, který se zasunuje do děr umístěných v ose drážky. Čep je opatřen tlačnou pružinou **5**, která ho tak zajišťuje, aby se svévolně nevysunul z díry. Při přestavení příčníku do jiné polohy se na čep zatlačí, čímž dojde k vysunutí čepu z díry. Aby ho pružina nevrátila zpět do díry, je na příčníku nainstalována zarážka **6**. Otočením zarážky se zajistí čep a může tak dojít k přestavení příčníku. Po přestavení příčníku se zarážka otočí zpět do své výchozí pozice a dojde tak k odjištění čepu, který se může zasunout do díry a zajistit tak polohu příčníku.

Jestliže se příčníky budou nacházet v rozsunuté poloze, vzniká po nich otvor ve střeše automobilu. Tento otvor by uživatel zakryl sám za pomoci krytu **3** (viz obr. 4.5).

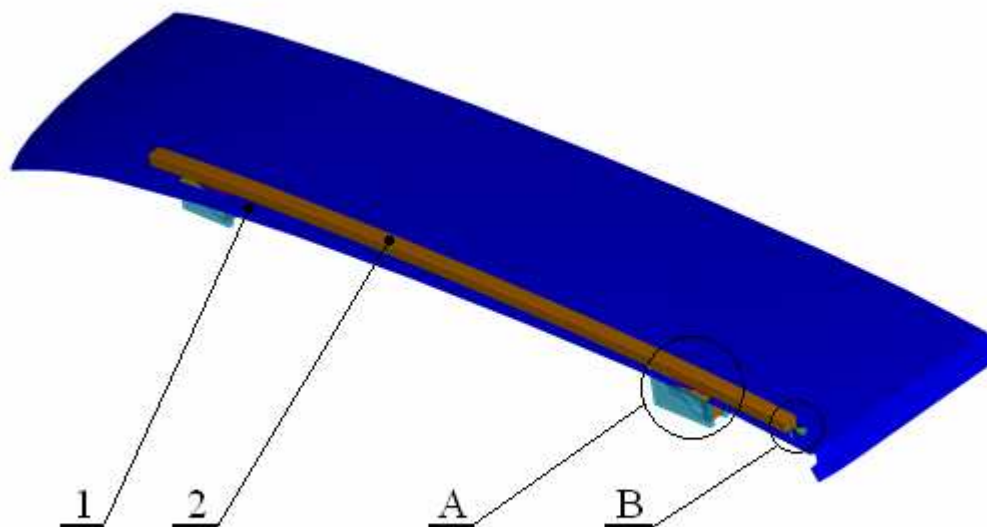


Obr. 4.6 Detail výškově stavitelného střešního nosiče v sesunuté poloze

1 – podélný střešní nosič s esovitou drážkou, 2 – kolo příčníku, 3 – osa kola, 4 – čep, 5 – tlačná pružina, 6 – zarážka, 7 – osa zarážky, 8 – přední příčník

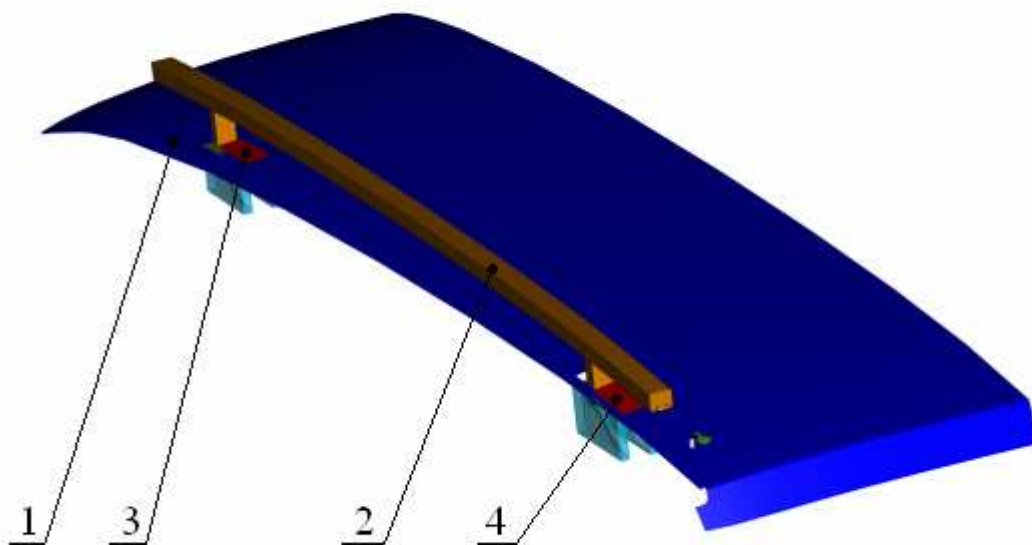
4.4 Třetí návrh konstrukčního řešení

Tento návrh je zaměřen na výškově stavitelný podélný střešní nosič (viz obr. 4.7 a obr. 4.8).



Obr. 4.7 Výškově stavitelný střešní nosič v sesunuté poloze

1 – střecha automobilu, 2 – podélný střešní nosič, A – označení detailu zobrazeného na obr. 4.9, B – označení detailu zobrazeného na obr. 4.10

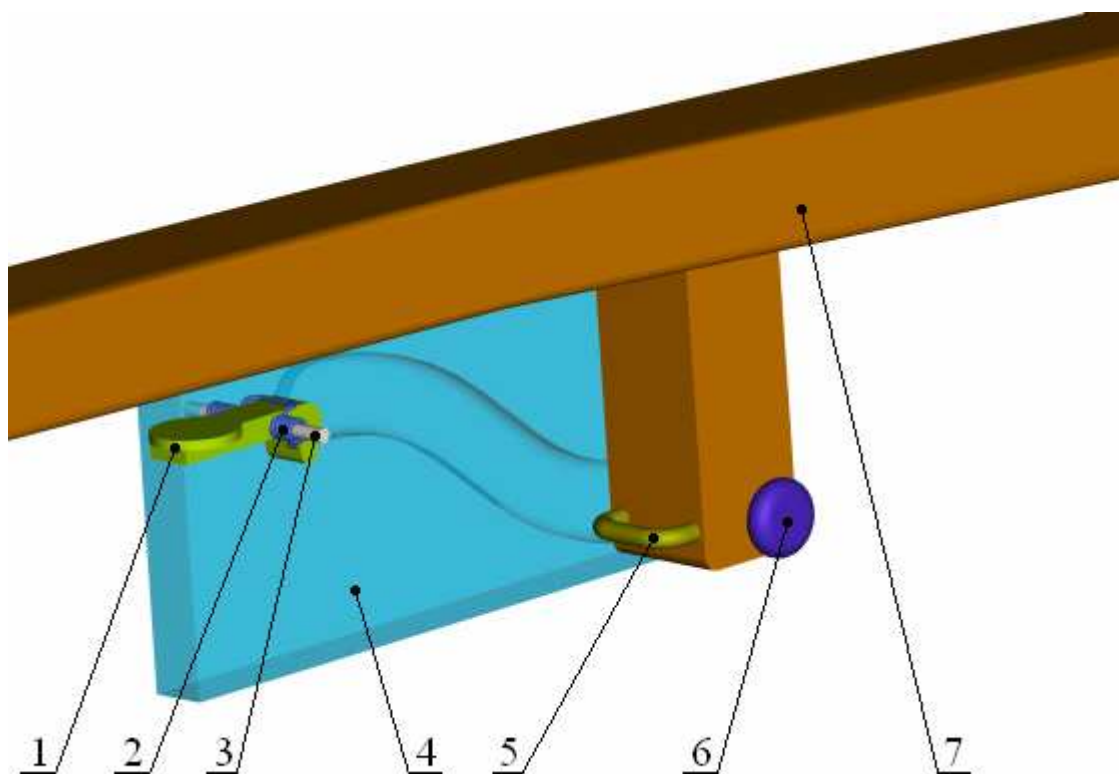


Obr. 4.8 Výškově stavitelný střešní nosič v rozsunuté poloze

1 – střecha automobilu, 2 – podélný střešní nosič, 3 – přední kryt otvoru, 4 – zadní kryt otvoru

4.4.1 Popis konstrukčního řešení

V tomto řešení (viz obr. 4.9) je podélný střešní nosič **7** uložen na dvou nohách. Na každé noze je vždy umístěna dvojice kol **6**, která zajišťuje pohyb nosiče v esovité drážce základny **4**. Tato esovitá drážka zajistí výškové přestavení tohoto nosiče.



Obr. 4.9 Detail výškově stavitelného střešního nosiče v sesunuté poloze

1 – háček, 2 – zkrutná pružina háčku, 3 – osa háčku, 4 – základna s esovitou drážkou, 5 – očko, 6 – kolo nosiče, 7 – podélný střešní nosič

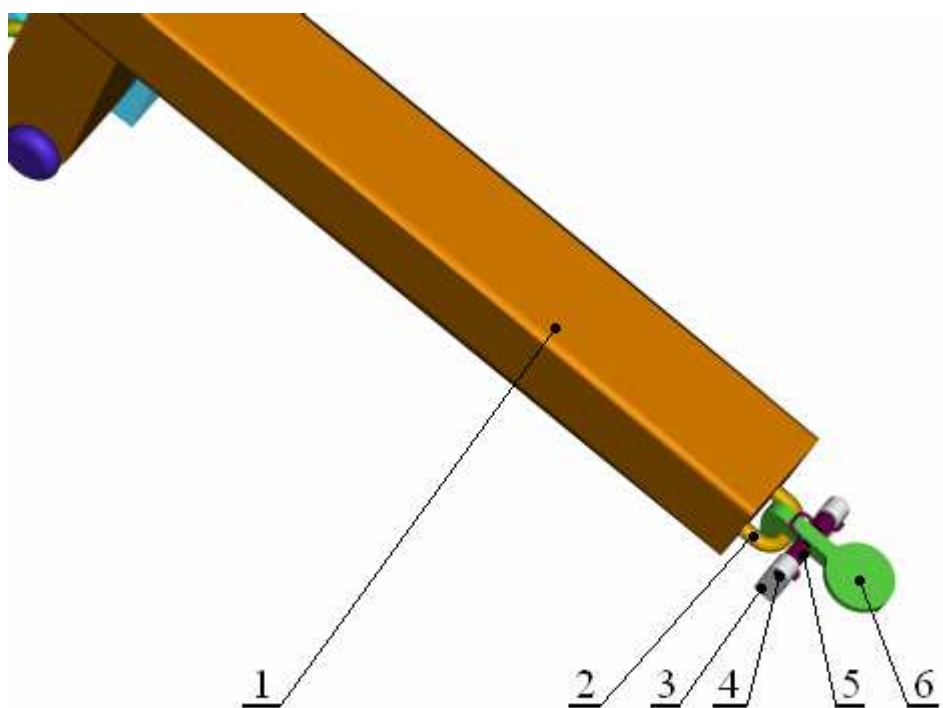
V sesunuté poloze (viz obr. 4.10) je podélný střešní nosič **1** zajištěn pomocí háčku **6**, který je zacvaknutý do oka **2** upevněného v podélném střešním nosiči. Polohu háčku zajišťuje zkrutná pružina **5**, která tak zabraňuje svévolnému odjištění háčku a po té i nosiče. V případě potřeby se zatlačí na háček, dojde tak k přetlačení pružiny a k uvolnění nosiče.

Uvolněný nosič (viz obr. 4.9) se pak může přestavit do vysunuté polohy, kde je opět umístěn háček **1** se zkrutnou pružinou **2**. Tvar čela háčku je uzpůsoben tak, aby k zacvaknutí háčku do oka došlo samovolně – pouhým tlačením do nosiče. V případě přesunutí nosiče zpět do sesunuté polohy je postup odjištění nosiče stejný jako v případě, kdy se nosič vysunoval. Po zatlačení na háček dojde k jeho odjištění, čímž se uvolní i nosič, který se přesune zpět do výchozí pozice, kde dojde k jeho zajištění pomocí háčku **6** (viz obr. 4.10). Čelo háčku je opět upraveno tak, aby k zacvaknutí došlo pouhým tlačením do nosiče.

Háček, který je umístěný nad střechou (viz obr. 4.10), se může zakrýt tak, aby došlo k uschování háčku. Tvar krytu by doplňoval tvar nosiče a působil by z hlediska designu lépe než nezakrytý háček se svým příslušenstvím.

Otvory, které vzniknou po vysunutí nosiče ze střechy, by mohly být zakrýty opět pomocí krytů **3** a **4** (viz obr. 4.8), které by obsluha na dané místo umístila sama.

Tento návrh by ještě navíc šel rozšířit o podélně/příčně stavitelný střešní nosič (viz obr. 2.14).

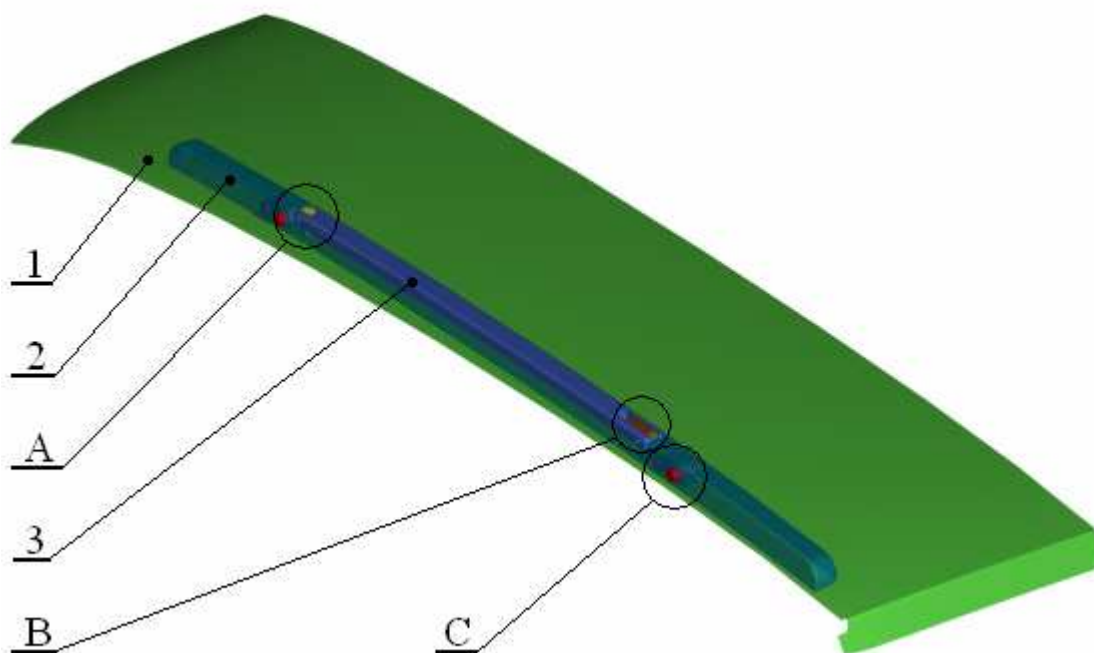


Obr. 4.10 Detail výškově stavitelného střešního nosiče v sesunuté poloze

1 – podélný střešní nosič, 2 – očko, 3 – podpěra osy, 4 – osa háčku, 5 – zkrutná pružina háčku, 6 – háček

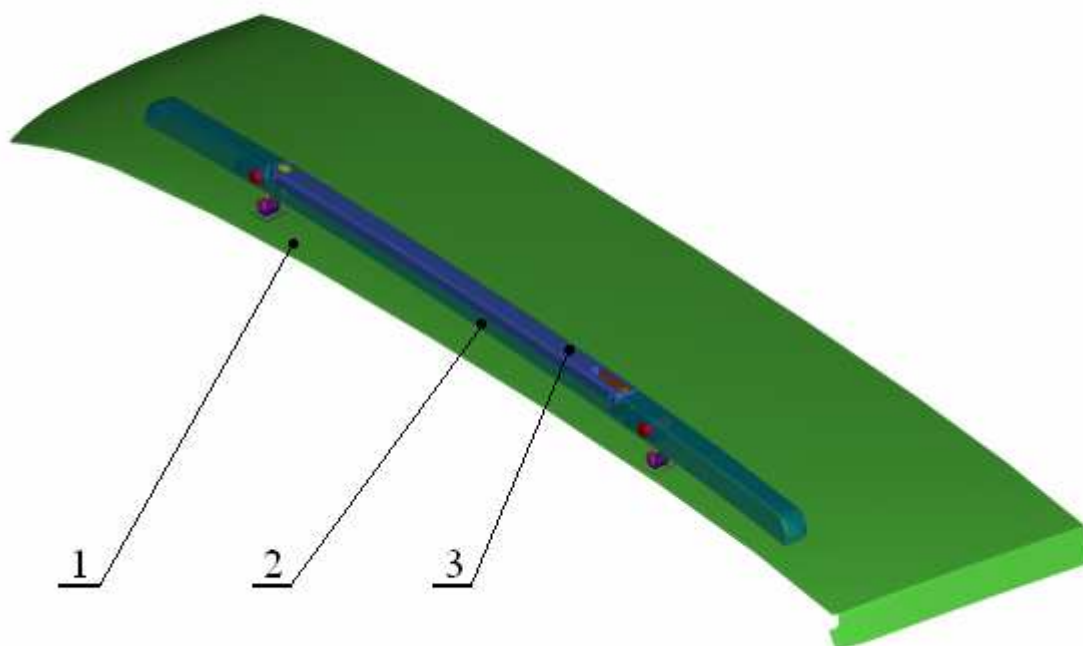
4.5 Čtvrtý návrh konstrukčního řešení

Tento návrh se podobně jako ten předchozí zaměřuje na výškově stavitelný podélný střešní nosič (viz obr. 4.11 a obr. 4.12).



Obr. 4.11 Výškově stavitelný střešní nosič v sesunuté poloze

1 – střecha automobilu, 2 – podélný střešní nosič, 3 – příčník, A – označení detailu zobrazeného na obr. 4.15, B – označení detailu zobrazeného na obr. 4.14, C – označení detailu na obr. 4.13

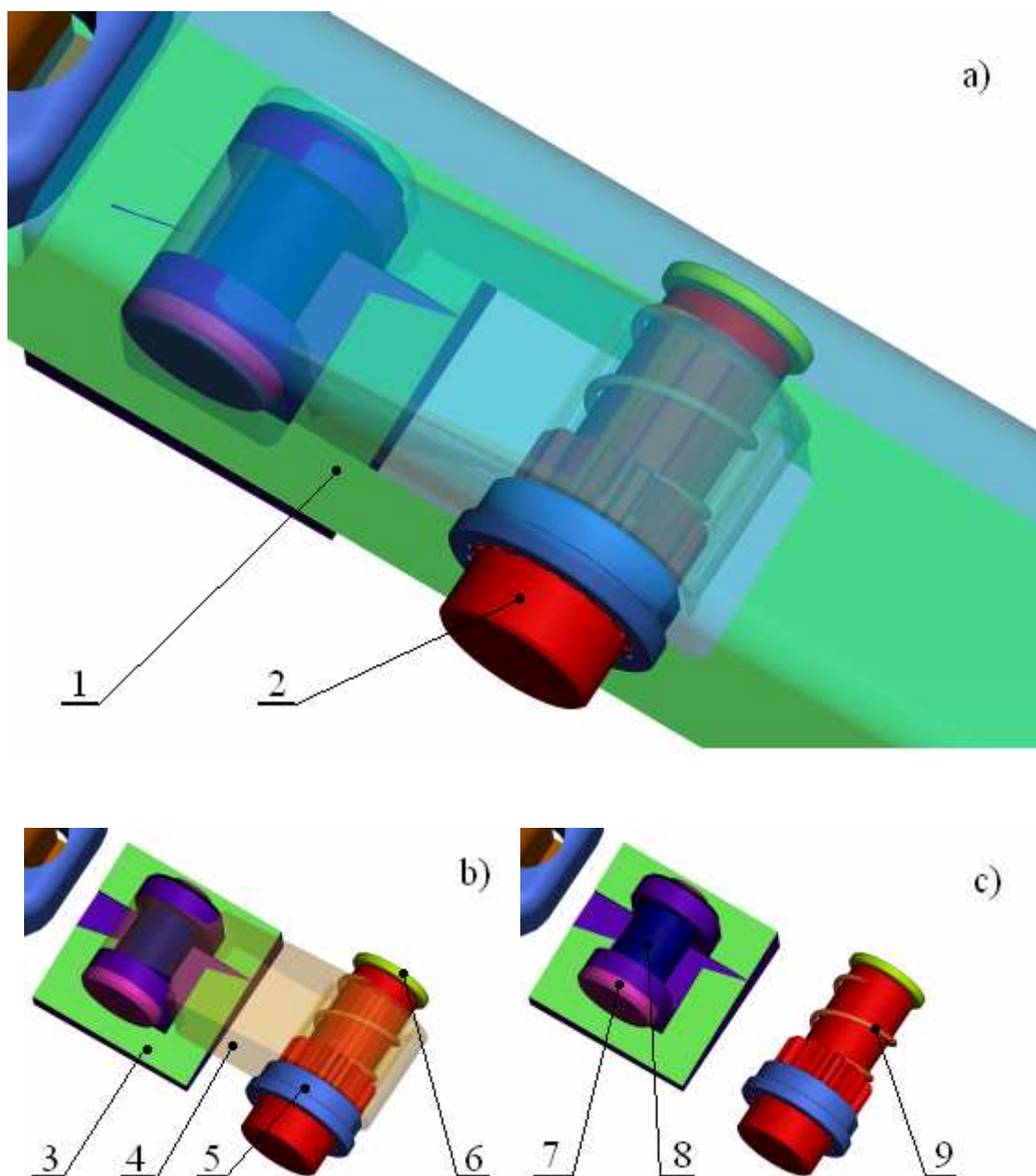


Obr. 4.12 Výškově stavitelný střešní nosič v rozsunuté poloze

1 – střecha automobilu, 2 – podélný střešní nosič, 3 – příčník

4.5.1 Popis konstrukčního řešení

V tomto řešení (viz obr. 4.13) má podélný střešní nosič **1** k dispozici dvě nohy **4**, které mu zajišťují výškovou stavitelnost. Nohy jsou opatřeny dvojicí děr. Jedna z děr plní za pomoci čepu **7** pouze funkci kloubu, druhá zajišťuje za pomoci drážkování vzájemnou polohu nosiče a nohy. Pro přestavení podélného střešního nosiče do vysunuté polohy se zatlačí na čep s evolventním drážkováním **2**. Tím dojde k přesunutí čepu ve směru jeho osy a stlačení tlačné pružiny **9**. Při přesunutí se rovněž přesune i evolventní drážkování umístěné na čepu. Toto drážkování se vysune z pouzdra **5** do nohy, která je rovněž opatřena drážkováním. V pouzdře tak zůstane pouze nedrážkovaná část čepu, což vede k tomu, že se noha vůči podélnému nosiči může otáčet. Po zvednutí nosiče do vysunuté polohy se čep pustí a tlačná pružina ho vrátí zpět do výchozí pozice. Pohyb čepu se zastaví v momentě, kdy doraz **6** narazí na podélný nosič. Po zasunutí čepu zpět do výchozí pozice dojde k tomu, že drážkování působí opět v pouzdře i noze zároveň, což vede k tomu, že noha vůči nosiči již nemůže měnit svoji polohu.



Obr. 4.13 Detail výškově stavitelného střešního nosiče v sesunuté poloze

a) Detail včetně podélného střešního nosiče

1 – podélný střešní nosič, 2 – čep s evolventním drážkováním

b) Detail bez podélného střešního nosiče

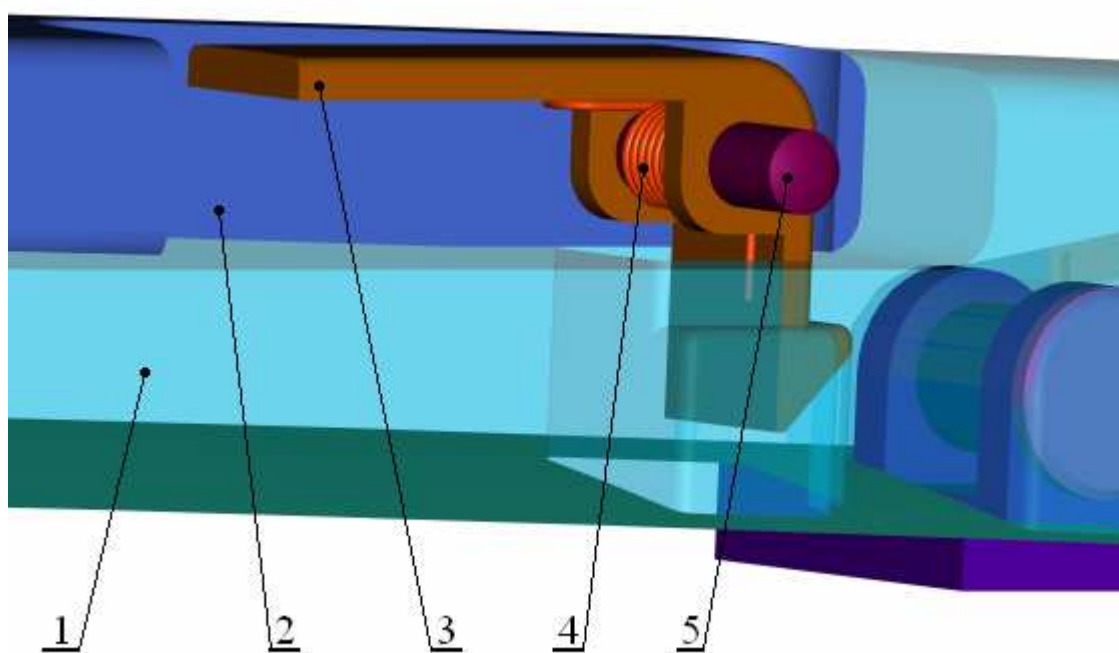
3 – základna střešního nosiče, 4 – noha střešního nosiče, 5 – pouzdro, 6 – doraz

c) Detail bez nohy střešního nosiče

7 – čep, 8 – ložiskové pouzdro, 9 – tlačná pružina

Pro zasunutí nosiče zpět do výchozí pozice se celý proces opakuje. Opět dojde k zatlačení čepu a pružiny, čímž se vyřadí drážkování z funkce a noha vůči nosiči se může pohybovat. Po sklopení nosiče do výchozí pozice, se čep pustí a tlačná pružina vrátí čep zpět do původní polohy. Vzájemná poloha mezi nohou a nosičem je zajištěna tvarem, který je vytvořen uvnitř nosiče.

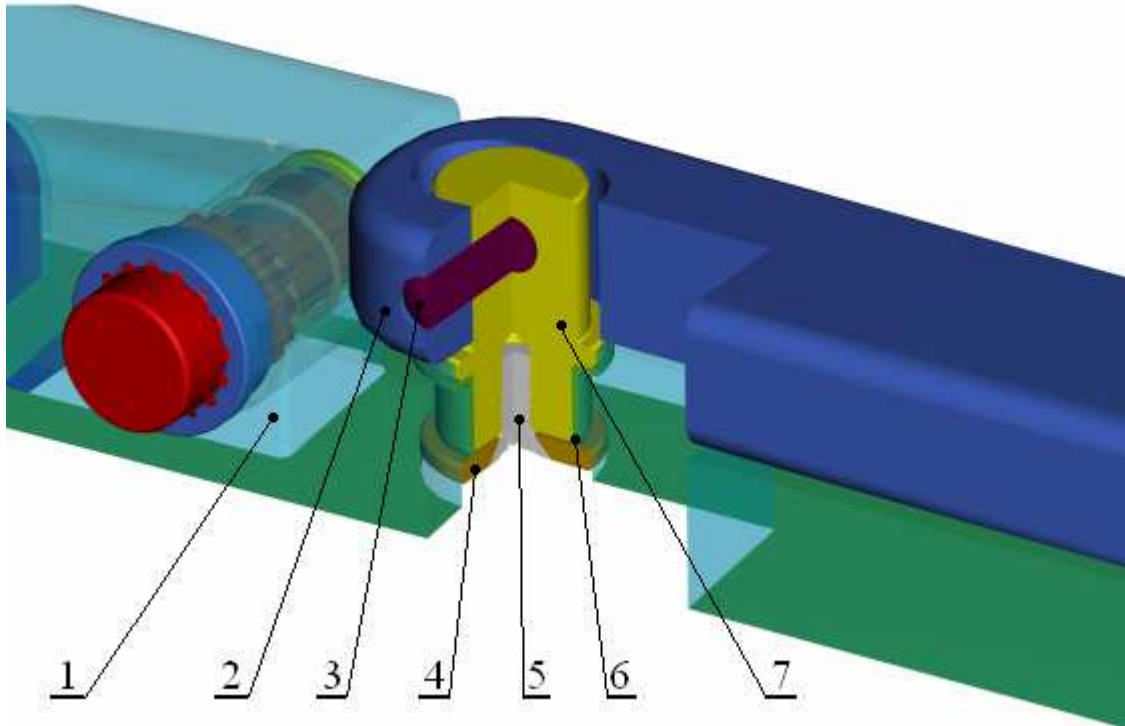
Celý návrh tohoto nosiče je navíc konstruován jako podélně/příčně stavitelný střešní nosič (viz obr. 4.11 a 4.12). Proto je na podélném střešním nosiči **2** příčník **3**, který má na jedné straně otočné uložení a na straně druhé má zarážku, pomocí které se zajišťuje. Tento příčník lze za pomoci zarážky **3** (viz obr. 4.14), na kterou působí zkrutná pružina **4**, odjistit a po přetočení příčníku se tato zarážka samovolně zajistí do druhého podélného nosiče ve stejném místě, ze kterého se již odjistil druhý příčník. Zarážka je pro úkol samovolného zajištění tvarově uzpůsobená. Pro přestavení do původní polohy by se zarážka opět odjistila a příčník se přetočil zpět do své původní polohy a za pomoci zarážky opět zajistil. Polohu zarážky by opět zajišťovala zkrutná pružina.



Obr. 4.14 Detail výškově stavitelného střešního nosiče v sesunuté poloze

1 – podélný střešní nosič, 2 – příčník, 3 – zarážka, 4 – zkrutná pružina, 5 - kolík

Otočné uložení (viz obr. 4.15) je řešeno pomocí čepu **7**, který se otáčí v ložiskovém pouzdře **6**. Čep je opatřen dorazem **4**, aby nedošlo k jeho vysunutí z příčnicku. Poloha příčnicku vůči čepu je zajištěna pomocí kolíku **3**. Kolem kolíku se může příčník ve vymezené poloze otáčet. Toto otáčení umožní jednostranné zvednutí příčníku, které je potřebné pro odjištění příčníku ze zajištěné pozice. Jelikož jde o velmi malý pohyb, nejsou zde v tomto případě umístěna žádná ložisková pouzdra.



Obr. 4.15 Detail výškově stavitelného střešního nosiče v sesunuté poloze

1 – podélný střešní nosič, 2 – příčník, 3 – kolík, 4 – doraz, 5 – šroub, 6 – ložiskové pouzdro, 7 – čep

4.6 Výběr varianty

V této kapitole budou vyjmenovány výhody a nevýhody jednotlivých konstrukčních řešení. A následně bude vybráno jedno z konstrukčních řešení, které bude rozpracováno dále i výpočtově a ve výkresové dokumentaci.

V prvním návrhu konstrukčního řešení (viz kap. 4.2) je výhodou, že je řešeno jako příčně stavitelné, kdy se příčník přestavuje i výškově. Což vede k tomu, že příčníky se mohou nastavit do libovolné vzdálenosti od sebe podle potřeby uživatele.

Nevýhodou tohoto řešení je složitější ovládání mechanismu pro přestavení příčníků. V tomto řešení je nevýhodou i zásah do střechy automobilu v místě výškového přestavení příčníků. Toto místo by se muselo upravit tak, aby zde nedocházelo k zachytávání vody. Další nevýhodou může být hrozba vzpříčení příčníků v drážkách podélných nosičů při jeho přestavování uživatelem.

V druhém návrhu konstrukčního řešení (viz kap. 4.3) je výhodou to, že je řešeno jako příčně stavitelné, kdy se příčník přestavuje i výškově. Což uživateli umožňuje nastavení příčníků do libovolné vzdálenosti od sebe dle jeho potřeb. Do výhod lze zde zařadit i snadnější ovládání mechanismu pro přestavení příčníků při porovnání s předchozím řešením.

Nevýhoda tohoto řešení zůstává v hrozbě vzpříčení příčníků v drážkách podélných nosičů. Další nevýhodou, která zůstává, je i zásah do střechy automobilu v místě výškového přestavení příčníků. Toto místo by se muselo upravit tak, aby zde nedocházelo k zachytávání vody.

V třetím návrhu konstrukčního řešení (viz kap. 4.4) odpadá riziko vzpříčení příčníků v drážkách podélných nosičů, protože se zde výškově vysunují pouze podélné nosiče. Výhodou zde může být i to, že celé řešení by šlo řešit i jako podélně/příčně stavitelný střešní nosič.

Nevýhodou, proti předchozím řešením, je fakt, že součástí nosičů nejsou příčníky, které by šly nastavit do libovolné vzdálenosti od sebe i kdyby bylo celé řešení rozšířeno o podélně/příčnou stavitelnost. Další nevýhodou, která zůstává, je i zásah do střechy automobilu v místě výškového přestavení příčníků.

Čtvrtý návrh konstrukčního řešení (viz kap. 4.5), je podobně jako ten předchozí, řešen tak, že se výškově přestaví pouze podélný nosič. Výhodou tohoto řešení je to, že podélný nosič nemusí zasahovat do střechy, čímž tedy odpadají problémy s utěsněním střechy proti pronikající vodě. Další z výhod je i to, že tento návrh je řešen i jako podélně/příčně stavitelný, což vede k tomu, že nehrozí žádné vzpříčení příčníků v drážkách podélných nosičů.

Nevýhodou je, že příčníky nelze nastavit do libovolné vzdálenosti od sebe.

Po zvážení výše uvedených výhod a nevýhod jednotlivých konstrukčních řešeních bylo rozhodnuto dále se věnovat pouze čtvrtému návrhu konstrukčního řešení, který byl zpracován výpočtově i ve výkresové dokumentaci.

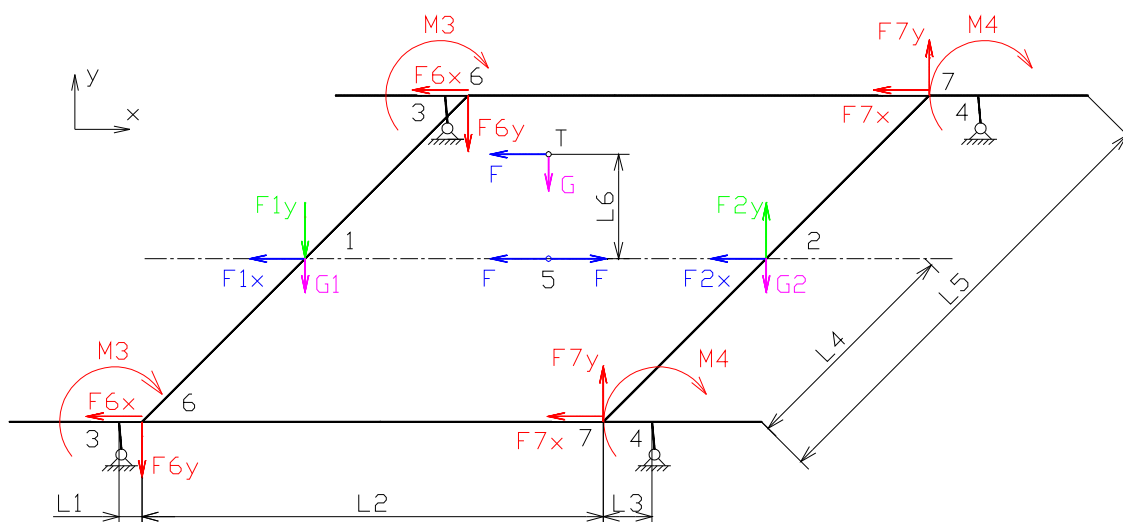
5. Kontrolní výpočet

Nejprve byl určen výpočtový model, podle kterého byl proveden kontrolní výpočet evolventního drážkování a kontrolní výpočet profilu příčníků. Po té byla celá sestava střešního nosiče řešena za pomoci metody konečných prvků.

5.1 Výpočtový model

Výpočtovým modelem (viz obr. 5.1) je zachycena situace v době čelního nárazu střešního nosiče resp. automobilu při crash testu v rychlosti 64 km/h (Euro NCAP). Střešní nosič je ve vysunuté poloze a s rozsunutými příčnky, na kterých je upevněn střešní box. Ve střešním boxu je umístěna maximální možná zátěž, kterou je možné zatížit střešní nosič – tedy 50 kg.

Pro výpočet byly zatěžující síly umístěny do těžiště **T** střešního boxu. Výška těžiště **L6** byla stanovena na 190 mm. Tato hodnota se stanovila tak, že se určila průměrná výška z několika střešních boxů a z této průměrné hodnoty se po té vypočetla polovina – tedy 190 mm.



Obr. 5.1 Výpočtový model zatěžujících sil

1 – působíště zatěžujících sil předního příčnicku; 2 – působíště zatěžujících sil zadního příčnicku; 3,4 – místo spoje podélného nosiče s nohou; 5 – střed střešního nosiče; 6,7 – místo působení předního (zadního) příčnicku na podélný nosič; L_1, L_3 – vzdálenost mezi spojem a místem působení předního (zadního) příčnicku (hodnota $L_1 = 42 \text{ mm}$, $L_3 = 89 \text{ mm}$), L_2 – vzdálenost mezi místy působení příčníků ($L_2 = 840 \text{ mm}$); L_5 – vzdálenost mezi podélnými nosiči ($L_5 = 840 \text{ mm}$); L_6 – výška těžiště ($L_6 = 190 \text{ mm}$); F – dynamická síla; G – gravitační síla; F_{1x}, F_{1y} a G_1 – zatěžující síly předního příčnicku; F_{2x}, F_{2y} a G_2 – zatěžující síly zadního příčnicku; F_{6x}, F_{6y} – zatěžující síly od předního příčnicku na podélný nosič; F_{7x}, F_{7y} – zatěžující síly od zadního příčnicku na podélný nosič; M_3 – zatěžující moment předního spoje; M_4 – zatěžující moment zadního spoje

5.1.1 Zatěžující síly v těžišti

Ve vodorovném směru (osa x – viz obr. 5.1) je to dynamická síla F a ve svislém směru (osa y) je to gravitační síla G .

Dynamická síla byla určena za pomoci výpočtu:

$$F = m_z \cdot a = m_z \cdot \frac{v_1 - v_0}{t} \quad (1)$$

kde m_z je maximální možná hmotnost umístěná na střešní nosič [kg]

a je zrychlení resp. zpomalení působící na danou hmotnost [ms^{-2}]

v_1 je počáteční rychlost při crash testu [ms^{-1}]

v_0 je nulová rychlost automobilu [ms^{-1}]

t je doba zpomalení automobilu z rychlosti v_1 na rychlost v_2

po dosazení číselnými hodnotami pro danou situaci:

$$F = 50 \cdot \frac{17,778 - 0}{0,151} = 5886 \text{ N}$$

Gravitační síla byla určena za pomoci výpočtu:

$$G = m_z \cdot g \quad (2)$$

kde m_z je maximální možná hmotnost umístěná na střešní nosič [kg]

g je gravitační zrychlení [ms^{-2}]

po dosazení číselnými hodnotami pro danou situaci:

$$G = 50 \cdot 9,81 = 490,5 \text{ N}$$

5.1.2 Zatěžující síly předního příčnicku

Nejprve se přesunula dynamická síla \mathbf{F} na osu střešního nosiče (viz obr. 5.1), tím došlo ke změně původní soustavy na soustavu třech sil o stejných účincích (jedna působí v těžišti \mathbf{T} a zbylé dvě v bodě $\mathbf{5}$).

V bodě $\mathbf{1}$ působí zatěžující síla $\mathbf{G1}$, která je způsobena gravitační silou \mathbf{G} . Dále zde působí zatěžující síla $\mathbf{F1y}$, která společně se silou $\mathbf{F2y}$ působící v bodě $\mathbf{2}$, nahrazuje zatěžující moment od síly \mathbf{F} působící na rameni $\mathbf{L6}$. Poslední zatěžující silou působící na přední příčník je síla $\mathbf{F1x}$, která je způsobena od dynamické síly \mathbf{F} působící v bodě $\mathbf{5}$.

Určení zatěžující síly **G1**:

Jelikož těžiště **T** je umístěno do středu střešního nosiče, je zatěžující síla **G1** polovinou gravitační síly **G** (2).

$$G1 = \frac{G}{2} = \frac{490,5}{2} = 245,25 \text{ N} \quad (3)$$

Určení zatěžující síly **F1y**:

Zatěžující síla **F1y** se vypočítá tak, že se zatěžující moment, který je dán dynamickou silou **F** (1) působící na rameni **L6**, nahradí silovou dvojicí působící na rameni **L2**.

$$F1y = \frac{F \cdot L6}{L2} = \frac{5886 \cdot 190}{840} = 1331,357 \text{ N} \quad (4)$$

Určení zatěžující síly **F1x**:

Zatěžující síla **F1x** byla zvolena jako poloviční z velikosti dynamické síly **F** (1) působící v bodě **5**.

$$F1x = \frac{F}{2} = \frac{5886}{2} = 2943 \text{ N} \quad (5)$$

Závěrečné shrnutí zatěžujících sil předního příčnicku:

V ose **x** působí na přední příčník pouze síla **F1x** (5), jejíž hodnota je 2943 N. V ose **y** působí na přední příčník dvě síly a to síla **G1** (3) a síla **F1y** (4), jejichž výsledné hodnoty lze sečíst. Výsledná síla v ose **y** je 1576,607 N.

5.1.3 Zatěžující síly zadního příčnicku

Nejprve se přesunula dynamická síla **F** na osu střešního nosiče (viz obr. 5.1), tím došlo ke změně původní soustavy na soustavu třech sil o stejných účincích (jedna působí v těžišti **T** a zbylé dvě v bodě **5**).

V bodě **2** působí zatěžující síla **G2**, která je způsobena gravitační silou **G**. Dále zde působí zatěžující síla **F2y**, která společně se silou **F1y** působící v bodě **1**, nahrazuje zatěžující moment od síly **F** působící na rameni **L6**. Poslední zatěžující silou působící na zadní příčník je síla **F2x**, která je způsobená od dynamické síly **F** působící v bodě **5**.

Určení zatěžující síly **G2**:

Jelikož těžiště **T** je umístěno do středu střešního nosiče, je zatěžující síla **G2** polovinou gravitační síly **G** (2).

$$G2 = \frac{G}{2} = \frac{490,5}{2} = 245,25 \text{ N} \quad (6)$$

Určení zatěžující síly **F2y**:

Zatěžující síla **F2y** se vypočítá tak, že se zatěžující moment, který je dán dynamickou silou **F** (1) působící na rameni **L6**, nahradí silovou dvojicí působící na rameni **L2**.

$$F2y = \frac{F \cdot L6}{L2} = \frac{5886 \cdot 190}{840} = 1331,357 \text{ N} \quad (7)$$

Určení zatěžující síly F_{2x} :

Zatěžující síla F_{2x} byla zvolena jako poloviční z velikosti dynamické síly F (1) působící v bodě 5.

$$F_{2x} = \frac{F}{2} = \frac{5886}{2} = 2943 \text{ N} \quad (8)$$

Závěrečné shrnutí zatěžujících sil zadního příčnicku:

V ose x působí na zadní příčník pouze síla F_{2x} (8), jejíž hodnota je 2943 N. V ose y působí na zadní příčník dvě síly a to síla G_2 (6) a proti ní síla F_{2y} (7), jejichž výsledné hodnoty lze sečíst. Výsledná síla v ose y je 1086,107 N. Tato výsledná síla má ale opačný smysl proti výsledné síle, která působí na přední příčník.

5.1.4 Zatěžující síly podélného nosiče v místě působení předního příčnicku

V bodech 6 působí zatěžující síly F_{6y} (viz obr. 5.1), které jsou způsobené výslednicí zatěžujících sil v bodě 1 – tedy silami F_{1y} a G_1 . Dále zde působí zatěžující síly F_{6x} , které jsou způsobené zatěžující silou F_{1x} působící v bodě 1.

Určení zatěžující síly F_{6y} :

Jelikož působíště zatěžujících sil předního příčnicku 1 je umístěno do středu tohoto příčnicku, dosahuje zatěžující síla F_{6y} poloviční hodnoty výslednice zatěžujících sil, které působí v bodě 1 ve směru y – jde o síly G_1 (3) a F_{1y} (4).

$$F_{6y} = \frac{G_1 + F_{1y}}{2} = \frac{245,25 + 1331,357}{2} = 788,304 \text{ N} \quad (9)$$

Určení zatěžující síly F_{6x} :

Jelikož působíště zatěžujících sil předního příčnicku **1** je umístěno do středu tohoto příčnicku, dosahuje zatěžující síla F_{6x} poloviční hodnoty zatěžující síly F_{1x} , která působí v bodě **1** ve směru **x**.

$$F_{6x} = \frac{F_{1x}}{2} = \frac{2943}{2} = 1471,5 \text{ N} \quad (10)$$

Závěrečné shrnutí zatěžujících sil podélného nosiče v místě působení předního příčnicku:

V ose **x** působí na podélný nosič síla F_{6x} (10), jejíž hodnota je 1471,5 N. V ose **y** působí na podélný nosič síla F_{6y} (9), jejíž hodnota je 788,304 N.

5.1.5 Zatěžující síly podélného nosiče v místě působení zadního příčnicku

V bodech **7** působí zatěžující síly F_{7y} (viz obr. 5.1), které jsou způsobené výslednicí zatěžujících sil v bodě **2** – tedy silami F_{2y} a G_2 . Dále zde působí zatěžující síly F_{7x} , které jsou způsobené zatěžující silou F_{2x} působící v bodě **2**.

Určení zatěžující síly F_{7y} :

Jelikož působíště zatěžujících sil zadního příčnicku **2** je umístěno do středu tohoto příčnicku, dosahuje zatěžující síla F_{7y} poloviční hodnoty výslednice zatěžujících sil, které působí v bodě **2** ve směru **y** – jde o síly G_2 (6) a F_{2y} (7).

$$F_{7y} = \frac{G_2 - F_{2y}}{2} = \frac{245,25 - 1331,357}{2} = -543,054 \text{ N} \quad (11)$$

Určení zatěžující síly F_{7x} :

Jelikož působíště zatěžujících sil zadního příčnicku **2** je umístěno do středu tohoto příčnicku, dosahuje zatěžující síla F_{7x} poloviční hodnoty zatěžující síly F_{2x} , která působí v bodě **2** ve směru **x**.

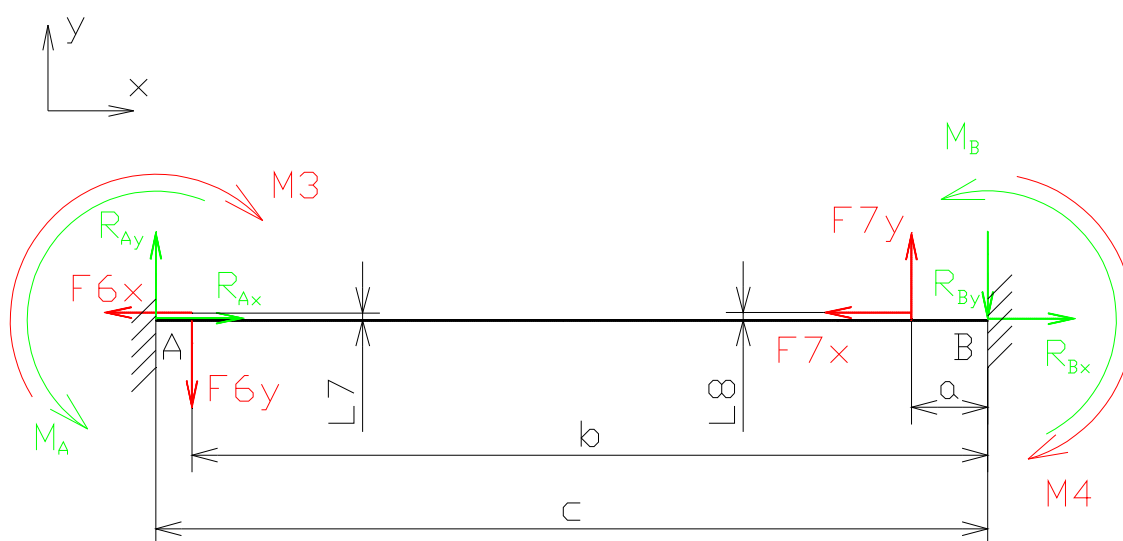
$$F_{7x} = \frac{F_{2x}}{2} = \frac{2943}{2} = 1471,5 \text{ N} \quad (12)$$

Závěrečné shrnutí zatěžujících sil podélného nosiče v místě působení předního příčnicku:

V ose **x** působí na podélný nosič síla F_{7x} (12), jejíž hodnota je 1471,5 N. V ose **y** působí na podélný nosič síla F_{7y} (11), jejíž hodnota je 543,054 N. Tato síla má ale opačný smysl proti síle, která působí z předního příčnicku na podélný nosič (F_{6y}).

5.1.6 Zatěžující momenty působící na spoje podélných nosičů s nohami

V bodě **3** působí zatěžující moment M_3 a v bodě **4** působí zatěžující moment M_4 (viz obr. 5.1). Tyto momenty jsou způsobené zatěžujícími silami F_{6x} , F_{6y} , F_{7x} a F_{7y} . Pro určení velikosti těchto zatěžujících momentů byl stanoven nový výpočtový model (viz obr. 5.2), který zobrazuje pouze podélný střešní nosič. Tento nosič je v místech spojení podélného nosiče s nohami vetknut **A** a **B**. Vytvoří se tak nosník, který je třikrát staticky neurčitý. Následujícím výpočtem je proveden výpočet reakcí a reakčních momentů v místech vetknutí. Pro zjednodušení výpočtu reakcí, se velikost reakcí R_{Ax} a R_{Bx} určí tak, že jsou to stejně velké síly jako síly F_{6x} a F_{7x} , ale mají opačný smysl. Tímto zjednodušením dojde k tomu, že nosník už je jen dvakrát staticky neurčitý. Velikost reakce R_{By} a reakčního momentu M_B se určí z věty o minimu deformační práce.



Obr. 5.2 Výpočtový model zatěžujících sil působících na podélný nosič

A,B – místo spoje podélného nosiče s nohou; a – vzdálenost mezi spojem B a místem působení zadního příčnicku ($a = L3$); b – vzdálenost mezi spojem B a místem působení předního příčnicku ($b = L2 + L3$); c – vzdálenost mezi spojem B a spojem A ($c = L1 + L2 + L3$); L7 – vzdálenost mezi osou spoje A a místem působení předního příčnicku ($L7 = 5,014 \text{ mm}$); L8 – vzdálenost mezi osou spoje B a místem působení zadního příčnicku ($L8 = 7,2 \text{ mm}$); F6x, F6y – zatěžující síly od předního příčnicku na podélný nosič; F7x, F7y – zatěžující síly od zadního příčnicku na podélný nosič; M3 – zatěžující moment předního spoje; M4 – zatěžující moment zadního spoje; R_{Ax}, R_{Ay} – reakce v místě spoje A; M_A – reakční moment v místě spoje A; R_{Bx}, R_{By} – reakce v místě spoje B; M_B – reakční moment v místě spoje B

Rovnice pro výpočet reakce R_{By} :

Nejprve se stanoví ohybové momenty v jednotlivých polích nosníku (viz tab. 5.1). Po té se provede dosazení těchto ohybových momentů do níže uvedených vzorců.

Tab. 5.1 Ohybové momenty jednotlivých polí nosníku

	x	M_i	$\partial M_i / \partial R_{By}$
1.	0,a	$M_B - R_{By} \cdot x$	- x
2.	a,b	$M_B - R_{By} \cdot x + F7y \cdot (x - a)$	- x
3.	b,c	$M_B - R_{By} \cdot x + F7y \cdot (x - a) - F6y \cdot (x - b)$	- x

Pro větu o minimu deformační práce lze psát:

$$\frac{\partial U}{\partial R_{By}} = 0 \quad (13)$$

Dále lze psát:

$$\frac{\partial U}{\partial R_{By}} = \int_l \frac{M_i \cdot \frac{\partial M_i}{\partial R_{By}}}{E \cdot I} \quad (14)$$

Po dosazení rovnice (13) do rovnice (14) a dosazení hodnot z tabulky (viz tab. 5.1) lze psát:

$$0 = \frac{1}{EI} \left\{ \int_0^a [(M_B - R_{By} \cdot x) \cdot (-x)] dx + \int_a^b [(M_B - R_{By} \cdot x + F7y \cdot (x - a)) \cdot (-x)] dx + \int_b^c [(M_B - R_{By} \cdot x + F7y \cdot (x - a) - F6y \cdot (x - b)) \cdot (-x)] dx \right\} \quad (15)$$

Po matematické úpravě rovnice (15) lze napsat:

$$0 = \frac{1}{EI} \left[\left(\frac{-M_B \cdot a^2}{2} + \frac{R_{By} \cdot a^3}{3} \right) + \left(\frac{-M_B \cdot b}{2} + \frac{R_{By} \cdot b^3}{3} - \frac{F7y \cdot b^3}{3} + \frac{F7y \cdot a \cdot b^2}{2} \right) - \left(\frac{-M_B \cdot a^2}{2} + \frac{R_{By} \cdot a^3}{3} - \frac{F7y \cdot a^3}{3} + \frac{F7y \cdot a^3}{2} \right) + \left(\frac{-M_B \cdot c^2}{2} + \frac{R_{By} \cdot c^3}{3} - \frac{F7y \cdot c^3}{3} + \frac{F7y \cdot a \cdot c^2}{2} + \frac{F6y \cdot c^3}{3} - \frac{F6y \cdot b \cdot c^2}{2} \right) - \left(\frac{-M_B \cdot b^2}{2} + \frac{R_{By} \cdot b^3}{3} - \frac{F7y \cdot b^3}{3} + \frac{F7y \cdot a \cdot b^2}{2} + \frac{F6y \cdot b^3}{3} - \frac{F6y \cdot b^3}{2} \right) \right] \quad (16)$$

Po vyjádření neznámé reakce R_{By} a reakčního momentu M_B z rovnice (16) lze napsat:

$$\left(\frac{-M_B \cdot c^2}{2} + \frac{R_{By} \cdot c^3}{3} \right) = \left(\frac{F7y \cdot a^3}{6} + \frac{F7y \cdot c^3}{3} - \frac{F7y \cdot a \cdot c^2}{2} - \frac{F6y \cdot c^3}{3} + \frac{F6y \cdot b \cdot c^2}{2} - \frac{F6y \cdot b^3}{6} \right) \quad (17)$$

Rovnice pro výpočet reakčního momentu M_B :

Nejprve se stanoví ohybové momenty v jednotlivých polích nosníku (viz tab. 5.2). Po té se provede dosazení těchto ohybových momentů do níže uvedených vzorců.

Tab. 5.2 Ohybové momenty jednotlivých polí nosníku

	x	M_i	$\partial M_i / \partial M_B$
1.	0,a	$M_B - R_{By} \cdot x$	1
2.	a,b	$M_B - R_{By} \cdot x + F7y \cdot (x - a)$	1
3.	b,c	$M_B - R_{By} \cdot x + F7y \cdot (x - a) - F6y \cdot (x - b)$	1

Pro větu o minimu deformační práce lze psát:

$$\frac{\partial U}{\partial M_B} = 0 \quad (18)$$

Dále lze psát:

$$\frac{\partial U}{\partial M_B} = \int_l \frac{M_i \cdot \frac{\partial M_i}{\partial M_B}}{E \cdot I} \quad (19)$$

Po dosazení rovnice (18) do rovnice (19) a dosazení hodnot z tabulky (viz tab. 5.2) lze psát:

$$0 = \frac{1}{EI} \left\{ \int_0^a [M_B - R_{By} \cdot x] dx + \int_a^b [M_B - R_{By} \cdot x + F7y \cdot (x - a)] dx + \int_b^c [M_B - R_{By} \cdot x + F7y \cdot (x - a) - F6y \cdot (x - b)] dx \right\} \quad (20)$$

Po matematické úpravě rovnice (20) lze napsat:

$$0 = \frac{1}{EI} \left[\left(M_B \cdot a - \frac{R_{By} \cdot a^2}{2} \right) + \left(M_B \cdot b - \frac{R_{By} \cdot b^2}{2} + \frac{F7y \cdot b^2}{2} - F7y \cdot a \cdot b \right) - \left(M_B \cdot a - \frac{R_{By} \cdot a^2}{2} + \frac{F7y \cdot a^2}{2} - F7y \cdot a^2 \right) + \left(M_B \cdot c - \frac{R_{By} \cdot c^2}{2} + \frac{F7y \cdot c^2}{2} - F7y \cdot a \cdot c - \frac{F6y \cdot c^2}{2} + F6y \cdot b \cdot c \right) - \left(M_B \cdot b - \frac{R_{By} \cdot b^2}{2} + \frac{F7y \cdot b^2}{2} - F7y \cdot a \cdot b - \frac{F6y \cdot b^2}{2} + F6y \cdot b^2 \right) \right] \quad (21)$$

Po vyjádření neznámé reakce R_{By} a reakčního momentu M_B z rovnice (21) lze napsat:

$$\left(M_B \cdot c - \frac{R_{By} \cdot c^2}{2} \right) = \left(\frac{-F7y \cdot a^2}{2} - \frac{F7y \cdot c^2}{2} + F7y \cdot a \cdot c + \frac{F6y \cdot c^2}{2} - \left(-F6y \cdot b \cdot c + \frac{F6y \cdot b^2}{2} \right) \right) \quad (22)$$

Vznikají tak dvě rovnice (17) a (22), které obsahují dvě neznámé – reakci R_{By} a reakční moment M_B . Tyto dvě neznámé lze z těchto rovnic, do kterých se dosadí, vypočítat. Velikost reakce R_{By} je po výpočtu 525,906 N a velikost reakčního momentu M_B je po výpočtu 38,508 Nm.

Výpočet reakce R_{Ay} :

Reakce R_{Ay} se určí výpočtem z rovnice rovnováhy ve směru y (viz obr. 5.2).

$$R_{Ay} = R_{By} + F_{6y} - F_{7y} \quad (23)$$

Po dosazení do rovnice (23) se vypočítá velikost reakce R_{Ay} . Hodnota této reakce je 771,156 N.

Výpočet reakčního momentu M_A :

Reakční moment M_A se určí výpočtem z momentové rovnice rovnováhy k místu vetknutí **A** (viz obr. 5.2).

$$M_A = F_{6y} \cdot (c - b) - F_{7y} \cdot (c - a) + R_{By} \cdot c - M_B \quad (24)$$

Po dosazení do rovnice (24) se vypočítá velikost reakčního momentu M_A . Hodnota tohoto momentu je 26,282 Nm.

Výpočet zatěžujícího momentu M_3 :

Zatěžující moment M_3 se vypočítá z reakčního momentu M_A . Nejprve se stanoví moment M_3' , který je stejně veliký jako moment M_A , ale má opačný smysl. Proti momentu M_3' působí navíc moment, který vytvoří zatěžující síla F_{6x} . Zatěžující síla F_{6x} nepůsobí přímo do osy spoje mezi podélným nosičem a nohou, a proto vytváří moment, který působí proti momentu M_3' .

$$M_3 = M_3' - F_{6x} \cdot L_7 \quad (25)$$

Po dosazení do rovnice (25) se vypočítá velikost zatěžujícího momentu M_3 . Hodnota tohoto momentu je 18,904 Nm.

Výpočet zatěžujícího momentu M_4 :

Zatěžující moment M_4 se vypočítá z reakčního momentu M_B . Nejprve se stanoví moment M_4' , který je stejně veliký jako moment M_B , ale má opačný smysl. Proti momentu M_4' působí navíc moment, který vytvoří zatěžující síla F_{7x} . Zatěžující síla F_{7x} nepůsobí přímo do osy spoje mezi podélným nosičem a nohou, a proto vytváří moment, který působí proti momentu M_4' .

$$M_4 = M_4' - F_{7x} \cdot L_8 \quad (26)$$

Po dosazení do rovnice (26) se vypočítá velikost zatěžujícího momentu M_4 . Hodnota tohoto momentu je 27,451 Nm.

Závěrečné shrnutí zatěžujících momentů působících na spoje podélných nosičů s nohami

Předchozí výpočet vede k určení velikosti zatěžujících momentů na spoje podélného nosiče s nohami. V místě předního spoje **3** (viz obr. 5.1) je velikost zatěžujícího momentu M_3 (25) 18,904 Nm. V místě zadního spoje je velikost zatěžujícího momentu M_4 (26) 27,451 Nm. Zatěžující moment zadního spoje je tedy větší než zatěžující moment předního spoje. Hodnota zatěžujícího momentu M_4 se využije pro výpočet drážkování, které je umístěno ve spoji.

5.2 Kontrola navržených rozměrů příčníků

Příčníky jsou navrženy obdélníkového profilu 40 x 20 mm (h x b, šířka x výška). Zatížení příčníků je uvažováno podle výše uvedeného výpočtového modelu (viz kap. 5.1). Při porovnání výsledných zatěžujících sil, které působí na přední a zadní příčník, vyjde, že silově více namáhaný je přední příčník. Kde v místě **1** (viz obr. 5.1) působí v ose **x** síla F_{1x} (5) a v ose **y** působí síly G_1 (3) a F_{1y} (4).

Ohybové napětí v ose **x**:

V ose **x** působí síla **F1x** o velikosti 2943 N v místě **1**, což je ve středu příčnicku. Síla **F1x** v tomto případě působí na kratší stranu profilu příčnicku – výšku o rozměru 20 mm.

$$\sigma_{o1x} = \frac{M_{o1x}}{W_{o1x}} = \frac{\frac{F1x \cdot L4}{2}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{3 \cdot F1x \cdot L4}{b \cdot h^2} \quad (27)$$

kde **M_{O1x}** je maximální ohybový moment [Nmm]

W_{O1x} je průřezový modul v ohybu [mm³]

F1x je velikost zatěžující síly [N]

L4 je vzdálenost od podpěry příčnicku do jeho středu [mm]

b je výška příčnicku [mm]

h je šířka příčnicku [mm]

po dosazení číselnými hodnotami pro danou situaci:

$$\sigma_{o1x} = \frac{3 \cdot 2943 \cdot 420}{20 \cdot 40^2} = 115,881 \text{ MPa}$$

Ohybové napětí v ose **y**:

V ose **y** působí síly **G1** o velikosti 245,25 N a síla **F1y** o velikosti 1331,357 N. Obě působí v místě **1**, což je ve středu příčnicku. Síly **G1** a **F1y** v tomto případě působí na delší stranu profilu příčnicku – šířku o rozměru 40 mm.

$$\sigma_{o1y} = \frac{M_{o1y}}{W_{o1y}} = \frac{\frac{(G1 + F1y) \cdot L4}{2}}{\frac{h \cdot b^2}{6}} = \frac{3 \cdot (G1 + F1y) \cdot L4}{h \cdot b^2} \quad (28)$$

kde M_{O1Y} je maximální ohybový moment [Nmm]

W_{O1Y} je průřezový modul v ohybu [mm³]

$G1$ je velikost zatěžující síly [N]

$F1y$ je velikost zatěžující síly [N]

$L4$ je vzdálenost od podpěry příčnicku do jeho středu [mm]

b je výška příčnicku [mm]

h je šířka příčnicku [mm]

po dosazení číselnými hodnotami pro danou situaci:

$$\sigma_{O1Y} = \frac{3 \cdot (245,25 + 1331,357) \cdot 420}{40 \cdot 20^2} = 124,158 \text{ MPa}$$

Výsledné ohybové napětí předního příčnicku:

$$\sigma_{O1} = \sigma_{O1X} + \sigma_{O1Y} = 115,881 + 124,158 = 240,039 \text{ MPa} \quad (29)$$

Kontrola hodnoty bezpečnosti:

Nejprve je zvolen materiál, podle jehož mechanických vlastností, se provede kontrola hodnoty bezpečnosti. V tomto případě byla zvolena hliníková slitina EN AW - 7010 (ČSN EN 573), u které dosahuje mez pevnosti R_m min. 490 MPa [5].

$$k = \frac{R_m}{\sigma_{O1}} = \frac{490}{240,039} = 2,041 \quad (30)$$

Hodnota bezpečnosti vyšla větší než jedna, což vede k tomu, že přední příčník uvažované namáhání vydrží.

5.3 Kontrola navržených rozměrů evolventního drážkování

Spoj je opatřen evolventním drážkováním 22 x 1,25 podle ČSN 01 4952 – dna drážek jsou provedena jako plochá s vnějším středěním. Zatížení spoje je uvažováno podle výše uvedeného výpočtového modelu (viz kap. 5.1). Při kontrole drážkování je

uvažován největší zatěžující moment – tedy moment **M4** (26). Hodnota tohoto momentu je 27,451 Nm.

U drážkování se kontroluje namáhání tlakem a z kontroly namáhání ohybem je provedena kontrola šířky drážkování [4].

Kontrola namáhání tlakem:

$$p = \frac{2 \cdot M_4}{\varphi \cdot m \cdot h_n \cdot s \cdot z^2} \leq p_D \quad (31)$$

kde **M4** je největší zatěžující moment [Nmm]

φ je součinitel styku boku zubů (obvykle $\varphi = 0,75$) [-]

m je modul [mm]

h_n je nosná hloubka drážkování [mm]

s je šířka drážkování [mm]

z je počet zubů [-]

p_D je dovolený tlak [MPa]

po dosazení číselnými hodnotami pro danou situaci:

$$p = \frac{2 \cdot 27,451 \cdot 1000}{0,75 \cdot 1,25 \cdot 1,25 \cdot 8 \cdot 16^2} = 22,876 \text{ MPa}$$

Hodnota namáhání tlakem je menší než uvažovaný dovolený tlak. Dovolенý tlak je volen pro podmínky, kdy spoj je posuvný bez zatížení a s netvrzenými boky zubů. V tomto případě se dovolený tlak volí z rozsahu 20 až 30 MPa. Dovolенý tlak byl zvolen 25 MPa, což je větší hodnota než hodnota tlaku vypočteného. Evolventní drážkování uvažované namáhání vydrží.

Kontrola šířky drážkování:

$$s \geq \frac{6 \cdot M_4}{m \cdot z^2 \cdot \sigma_{Do}} \quad (32)$$

kde **M**₄ je největší zatěžující moment [Nmm]

m je modul [mm]

z je počet zubů [-]

σ_{D0} je dovolené napětí v ohybu [MPa]

po dosazení číselnými hodnotami pro danou situaci:

$$s \geq \frac{6 \cdot 27,451 \cdot 1000}{1,25 \cdot 16^2 \cdot 100} \geq 5,147 \text{ mm}$$

Šířka evolventního drážkování má být větší než výpočtem dosažená hodnota 5,147 mm. Šířka evolventního drážkování je zvolena na velikost 8 mm.

5.4 Kontrola stavitelného střešního nosiče za pomoci metody konečných prvků

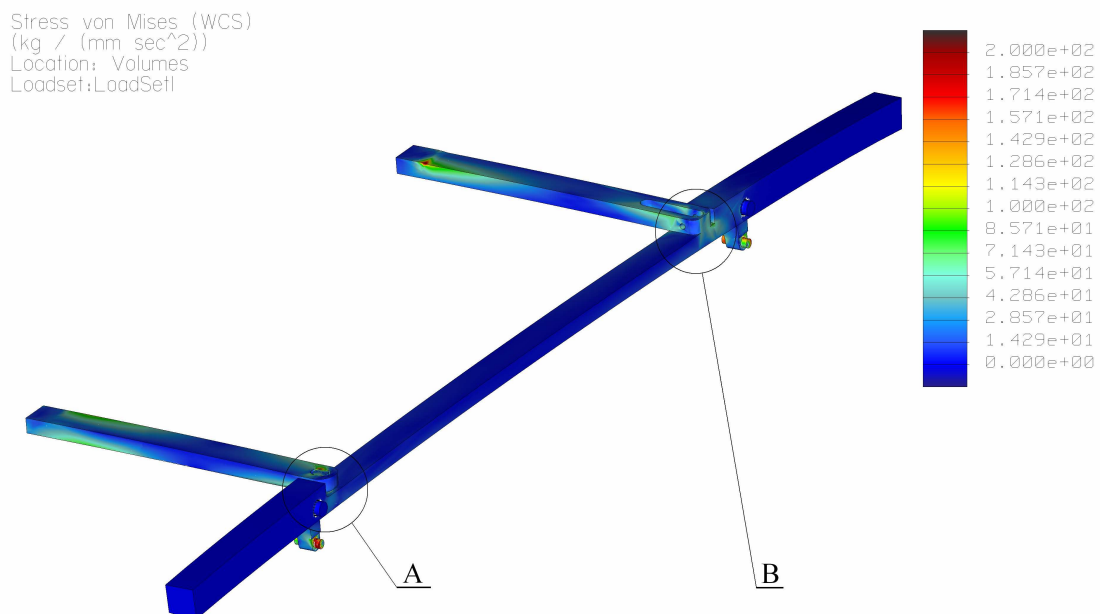
Model sestavy byl také podroben výpočtu pomocí metody konečných prvků v programu Pro/Mechanica. Kde byly zkoumány hodnoty napětí a posunutí celé sestavy a pak i hodnoty napětí jednotlivých dílů sestavy.

Jelikož se jedná o symetrickou úlohu, byla sestava pro zjednodušení výpočtu řešena pouze jako poloviční model. Zatížení resp. zatěžující síly byly uvažovány stejných hodnot, jako ve výpočtovém modelu (viz kap. 5.1). V místech upevnění střešního nosiče ke střeše automobilu je celá sestava vetknuta. Jednotlivým dílům sestavy byly přiřazeny odpovídající materiály. Redukované napětí je podle HMM.

Nejprve bylo zjišťováno výsledné napětí pro poloviční model sestavy (viz obr. 5.2). V tomto případě byla pozornost věnována místům s napětíovými špičkami. Tato místa jsou označena **A** a **B**.

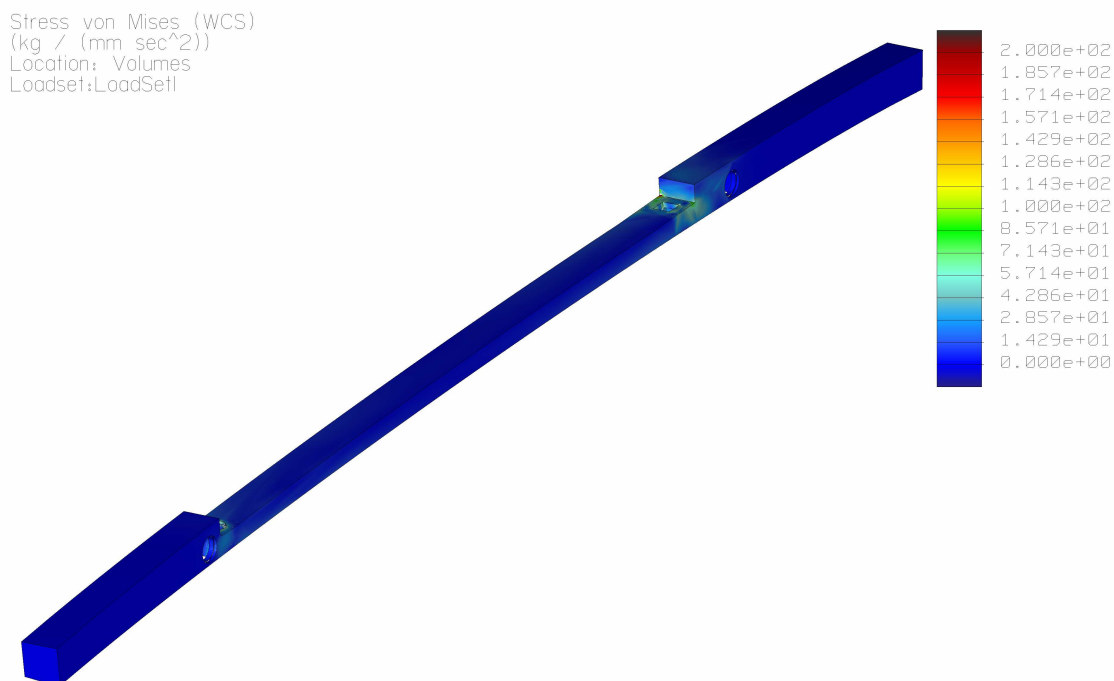
V případě podélného nosiče (viz obr. 5.5 a obr. 5.6) vznikají napětíové špičky v důsledku ostrých hran, které jsou zde pro jednoduchost výpočtu uvažovány. Ve skutečnosti zde tyto ostré hrany nejsou, protože je zde zaoblení.

U předního příčnicku (viz obr. 5.7 a 5.8) vzniká napětíová špička v místě **A**. Tato napětíová špička je způsobena tím, že hrana příčnicku není pro jednoduchost výpočtu opatřena sražením. Ostrá hrana předního příčnicku tak působí na čep, což způsobuje koncentraci napětí.

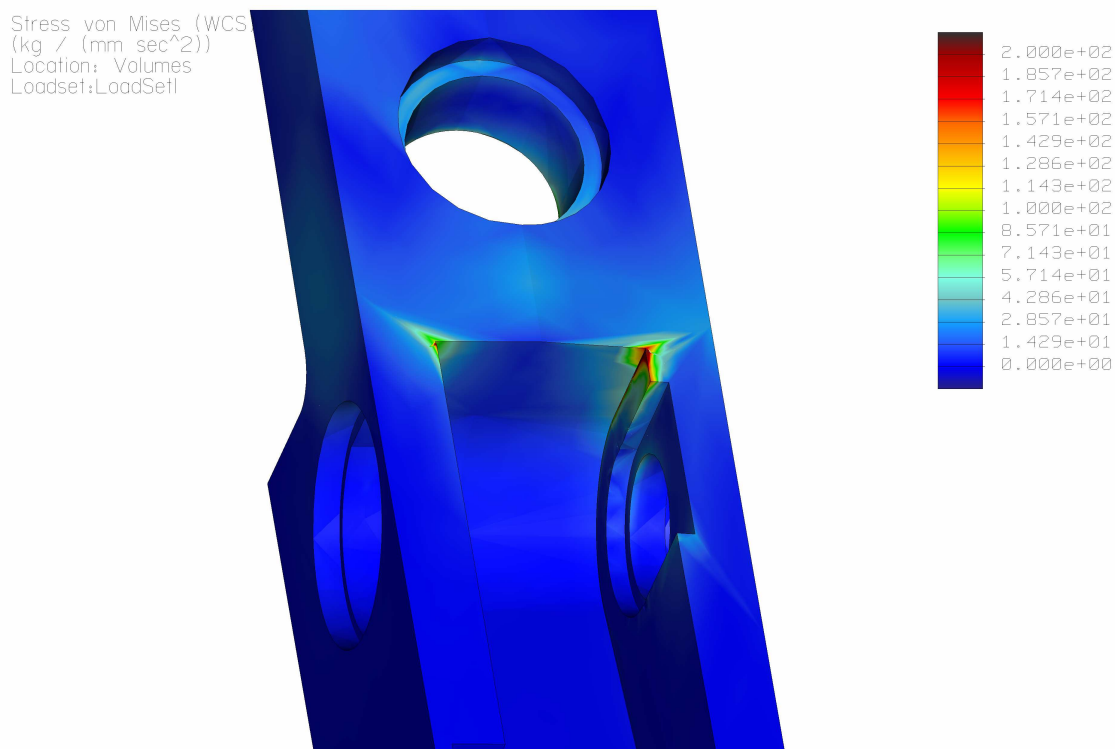


Obr. 5.3 Redukované napětí podle HMM pro poloviční model střešního nosiče

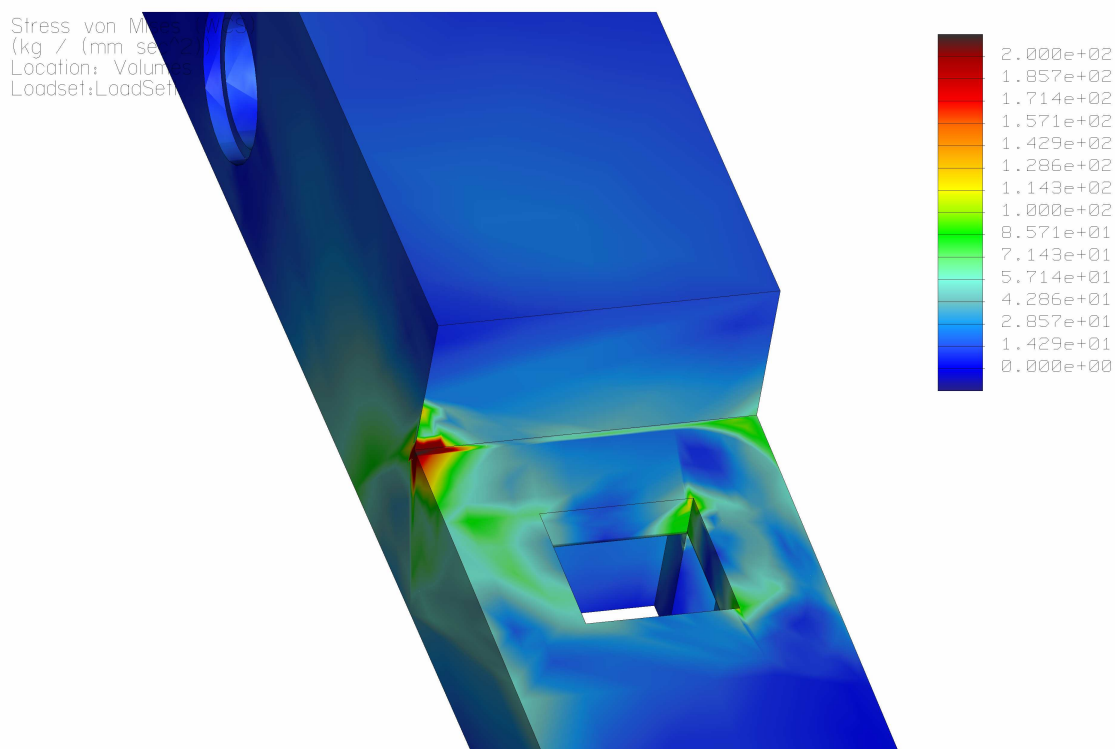
A – označení místa s napět'ovou špičkou, B – označení místa s napět'ovou špičkou



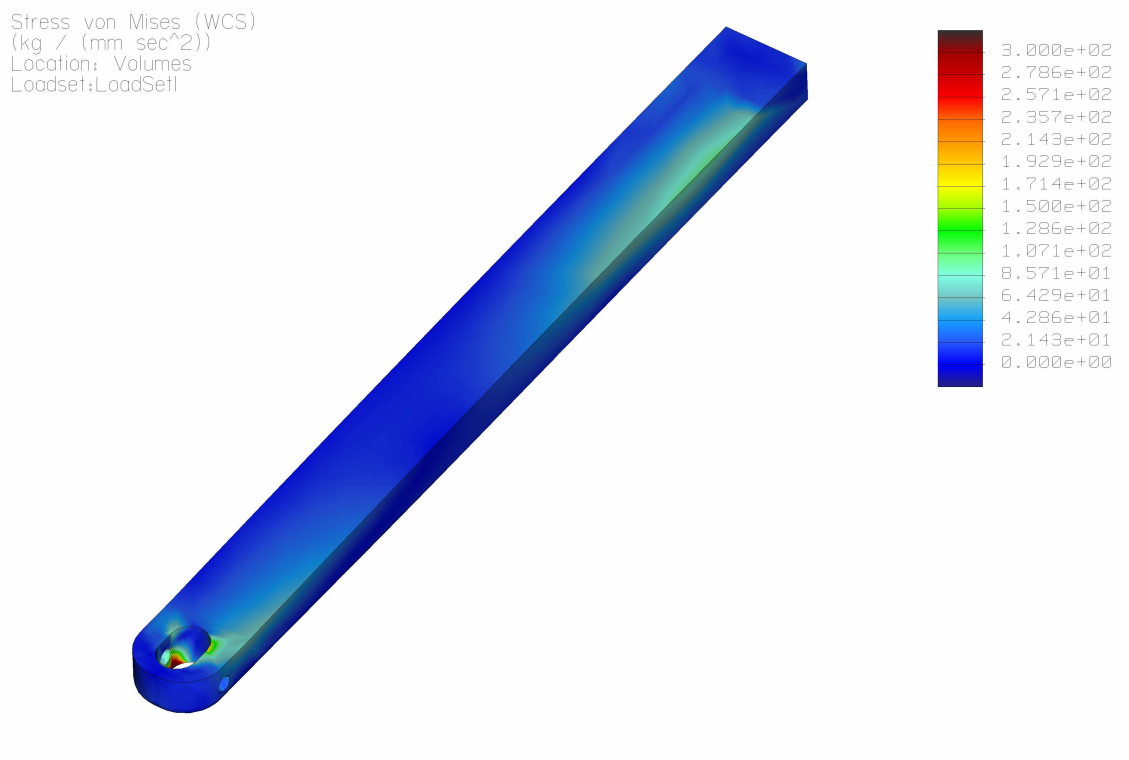
Obr. 5.4 Redukované napětí podle HMM pro podélný střešní nosič



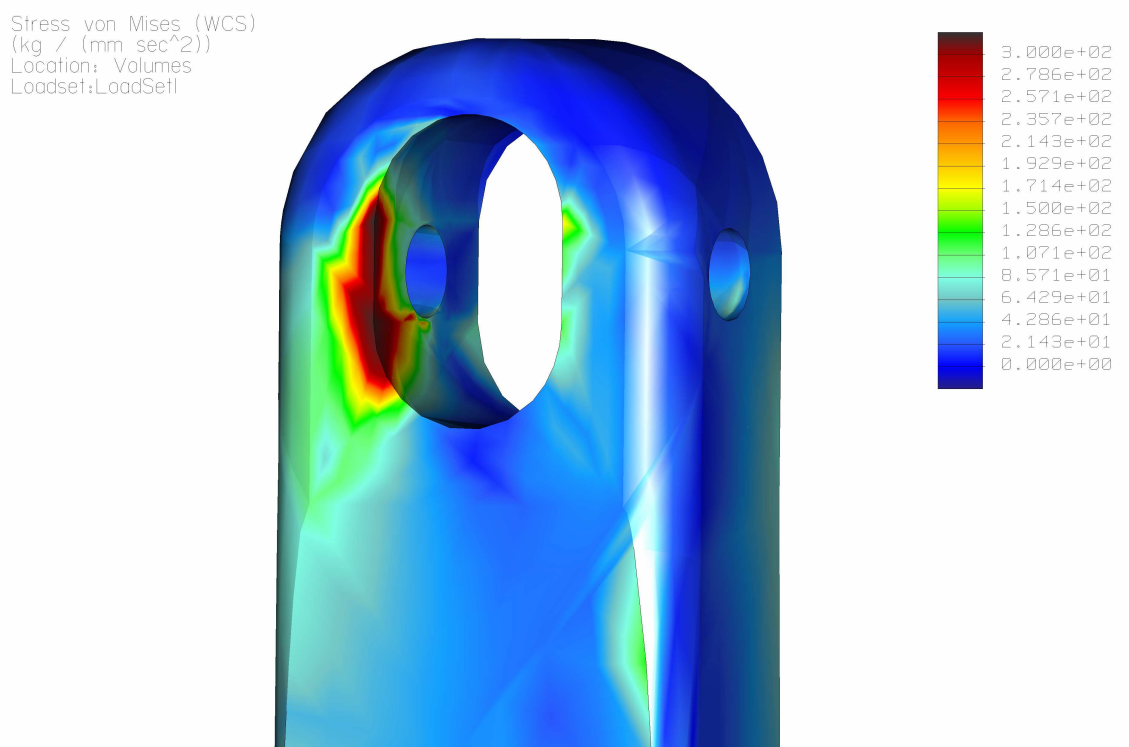
Obr. 5.5 Detail na podélném střešním nosiči v místě A



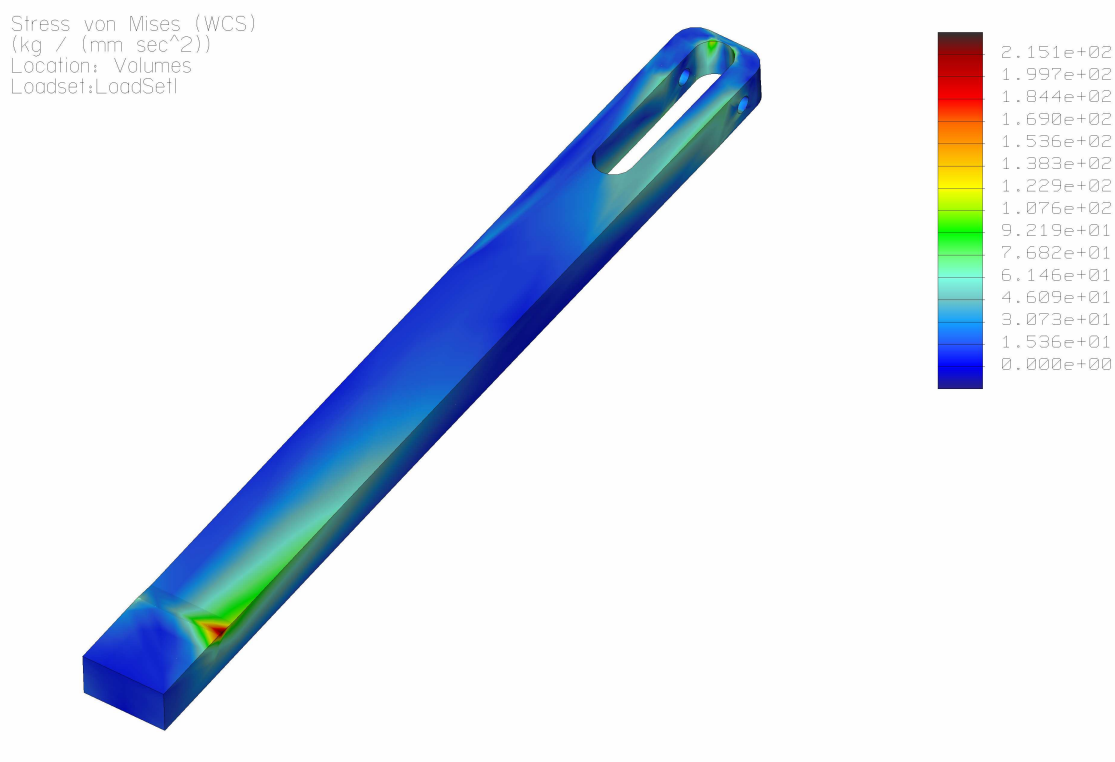
Obr. 5.6 Detail na podélném střešním nosiči v místě B



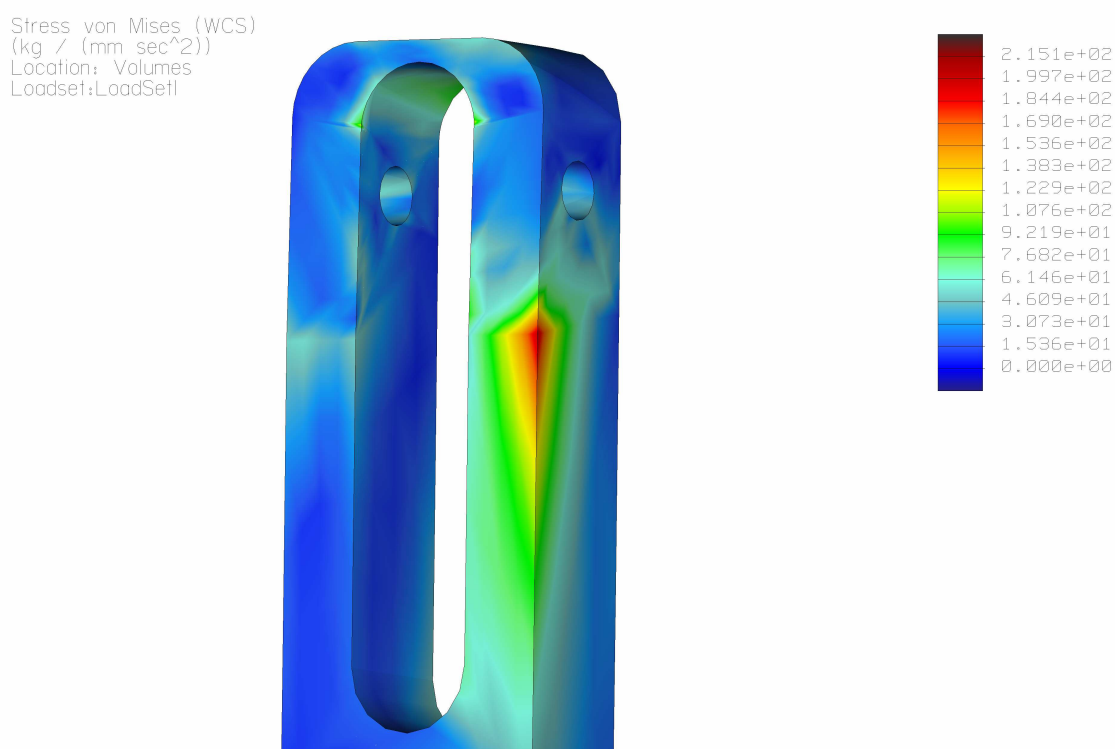
Obr. 5.7 Redukované napětí podle HMM pro přední příčník



Obr. 5.8 Detail na předním příčníku v místě A



Obr. 5.9 Redukované napětí podle HMM pro zadní příčník



Obr. 5.10 Detail na zadním příčníku v místě B

U zadního příčnicku (viz obr. 5.9 a 5.10) vzniká napěťová špička opět v místě **B**. Tato napěťová špička je způsobena tím, že zadní příčník je pro jednoduchost výpočtu upevněn přímo na podélný nosič. Jeho poloha tak není zajištěna zarážkou.

V případě čepu (viz obr. 5.11) vzniká napěťová špička v místě, kde působí ostrá hrana předního příčnicku (viz obr. 5.8). Další ostrou hranou je přechod mezi průměry, který by ve skutečnosti byl opatřen radiusem.

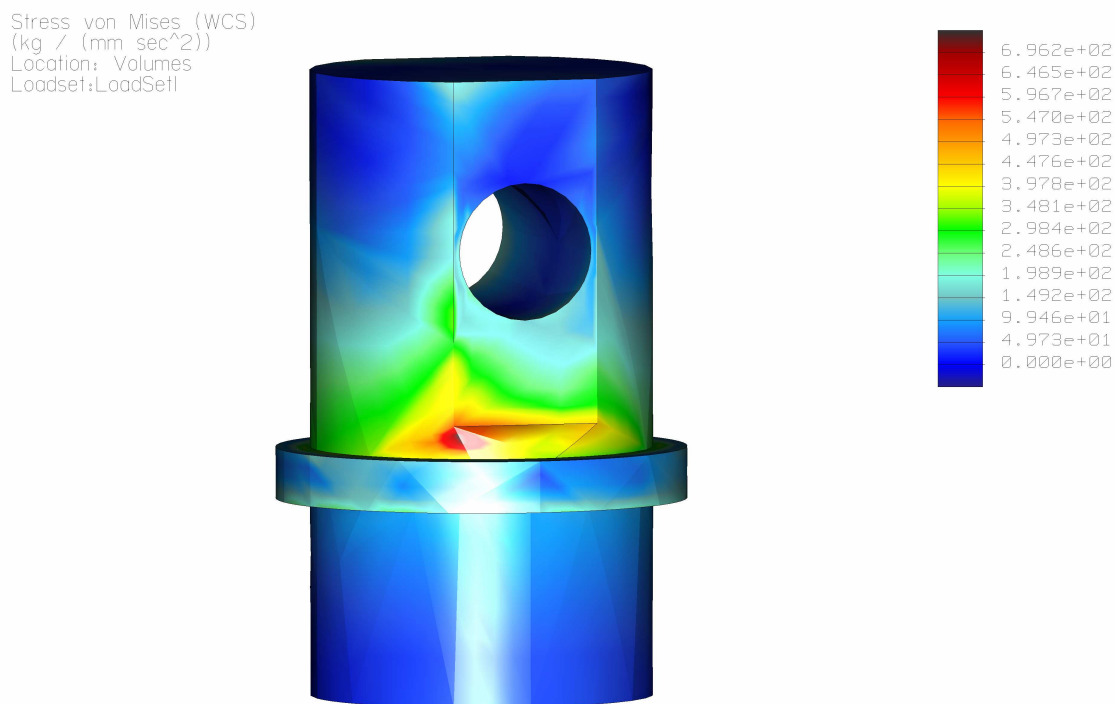
U kolíku (viz obr. 5.12) vzniká napěťová špička v místě konstrukční vůle mezi předním příčníkem a čepem.

Napěťová špička pro nohu (viz obr. 5.13) vzniká na obvodové hraně nohy, kdy na ni působí podélný nosič a způsobuje tak koncentraci napětí. Ve skutečnosti je tato hrana opatřena zaoblením.

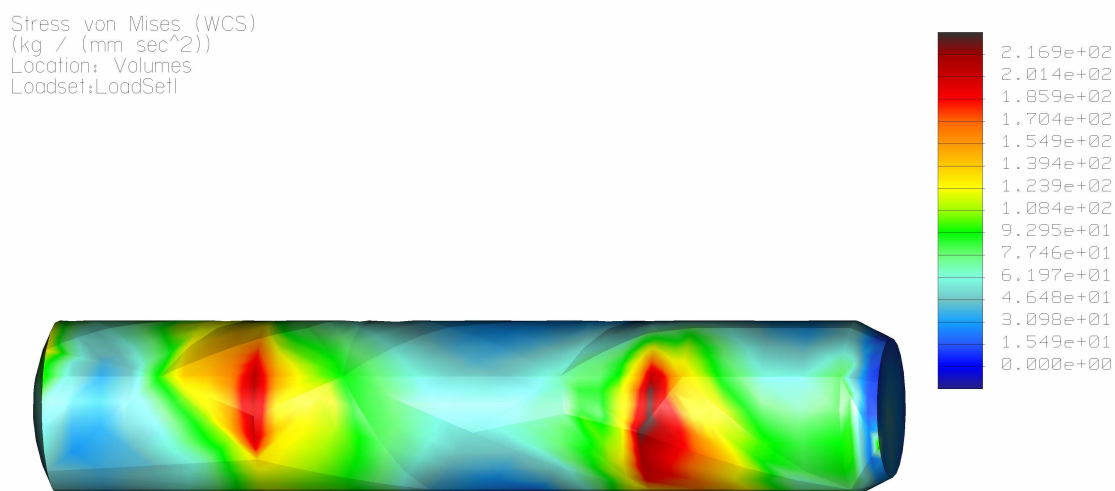
U osy (viz obr. 5.14) vznikají napěťové špičky v patě zubu, kde je pro jednoduchost výpočtu uvažována ostrá hrana.

Pouzdro zadního spoje (viz obr. 5.15) je opět nejvíce namáháno v ostrých hranách jednotlivých zubů.

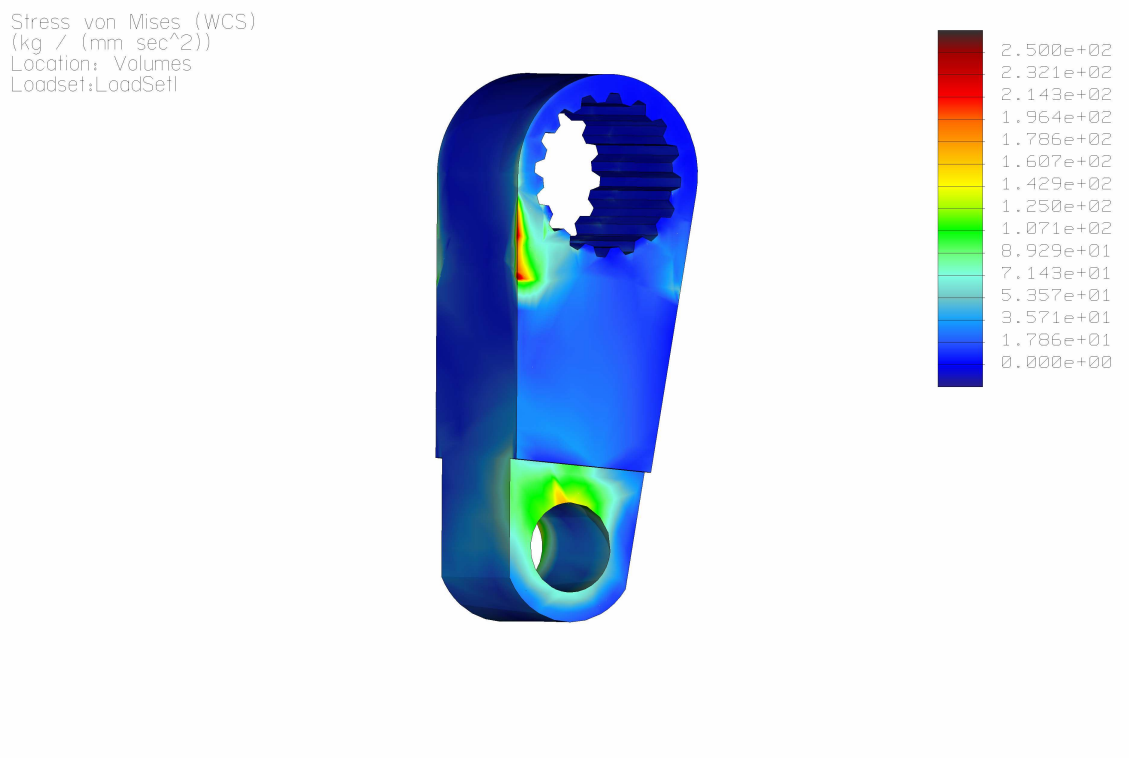
Poslední zkoumanou oblastí byly hodnoty průhybu polovičního modelu soustavy (viz obr. 5.16).



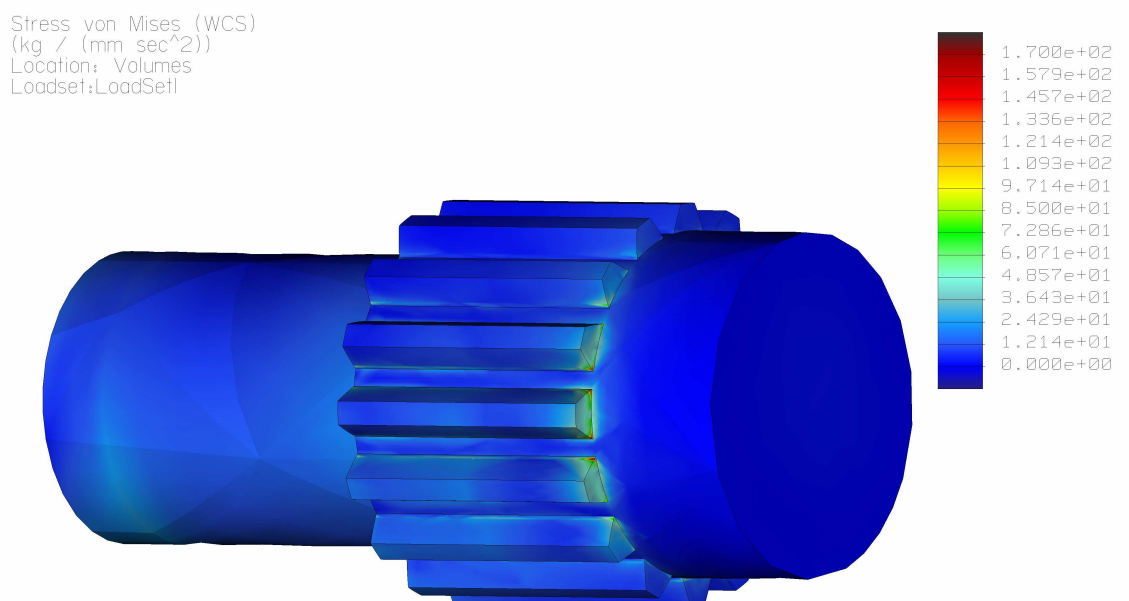
Obr. 5.11 Redukované napětí podle HMH pro čep



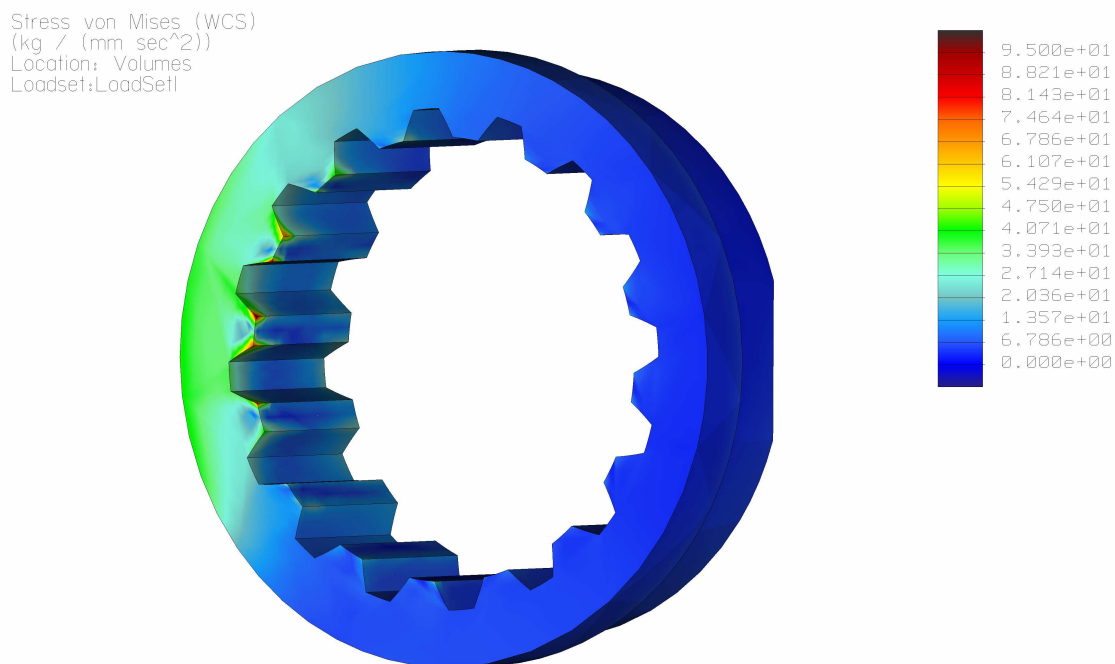
Obr. 5.12 Redukované napětí podle HMH pro kolík



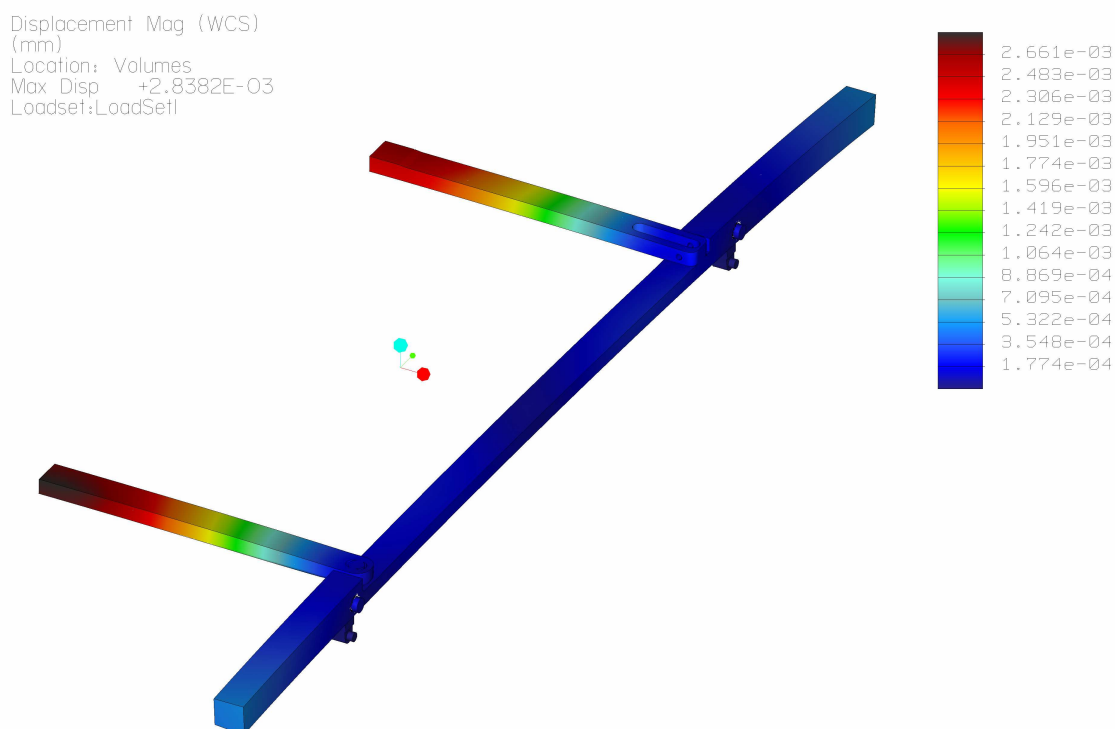
Obr. 5.13 Redukované napětí podle HMH pro přední nohu



Obr. 5.14 Redukované napětí podle HMH pro osu umístěnou v zadním spoji



Obr. 5.15 Redukované napětí podle HMH pro pouzdro umístěné v zadním spoji



Obr. 5.16 Průhyb pro poloviční model střešního nosiče

U některých dílů sestavy dosahují hodnoty napěťových špiček vysokých hodnot, což by mohlo ohrozit pevnost celého střešního nosiče v době čelního nárazu. U většiny napěťových špiček lze ale konstatovat, že jsou způsobené v důsledku ostrých hran, které zde ve skutečnosti nikdy nejsou. Proto i hodnoty napěťových špiček jsou ve skutečnosti nižší. Nejvíce ohroženou oblastí střešního nosiče je místo **A** (viz obr. 5.3). Tomuto místu by se měla při uvažované zkoušce čelním nárazem věnovat zvýšená pozornost. Do tohoto místa zasahují podélný nosič (viz obr. 5.5), přední příčník (viz obr. 5.8), čep (viz obr. 5.11) a kolík (viz obr. 5.12). Nejvíce namáhanou součástí v tomto místě je čep, u kterého může vlivem vysokého namáhání dojít k deformaci nebo vzniku trhliny. Nesmí ovšem dojít k prasknutí, které by uvolnilo přední příčník a po té i náklad na něm umístěný.

6. Závěr

Předmětem zadání této diplomové práce bylo najít konstrukční řešení výškově stavitelného střešního nosiče.

Pro zjištění dostupných střešních nosičů na trhu byla proto nejprve provedena rešerše, která rozdělila střešní nosiče do dvou druhů – pevné a stavitelné střešní nosiče. U těchto střešních nosičů byly shrnuty jejich výhody a nevýhody. Znalost výhod a nevýhod byla po té využita i při tvorbě vlastních návrhů.

Před vlastní tvorbou návrhů byly stanoveny cíle, kterých by měl výškově stavitelný střešní nosič dosahovat. Posléze byly vytvořeny čtyři návrhy konstrukčního řešení stavitelných střešních nosičů, u kterých byly zhodnoceny klady a zápory. A po té byl vybrán návrh konstrukčního řešení na výškově stavitelný střešní nosič, který slučuje několik výhod do jednoho řešení.

Výškově stavitelný střešní nosič, který byl v návrhu označen jako nejvýhodnější, je dále rozpracován výpočtově a ve výkresové dokumentaci. Pevnostní výpočet je uvažován v situaci, kdy dojde k čelnímu nárazu střešního nosiče resp. automobilu při crash testu. Výpočet byl zjednodušen, už jenom tím, že zatěžující síly byly umístěny do těžiště, které se nachází ve středu nosiče. Při změně polohy těžiště se tedy mění silové zatížení, které tak ovlivňuje i namáhání jednotlivých dílů střešního nosiče. Střešní nosič se musí podrobit crash testu, protože až pozitivně vyhodnocený výsledek crash testu udělí danému nosiči atest, který dovolí užívání daného střešního nosiče v běžném provozu. Parametry a podmínky těchto testů jsou uvedeny v normách.

Jestliže by někdy v budoucnu došlo i k sériové výrobě tohoto typu střešního nosiče, měl by celý návrh projít ještě úpravou tak, aby tvary a rozměry jednotlivých dílů byly výrobně co nejméně nákladné.

Daný návrh by měl projít i designérskou studií, která by mu zaručovala odpovídající vzhled.

Seznam použité literatury

- [1] Podklady Swell, spol. s r.o., Hořice
- [2] VLK, F.: Karoserie motorových vozidel, Nakladatelství a vydavatelství Vlk, Brno 2000
- [3] LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P.: Strojnické tabulky, Scientia, Praha 1999
- [4] FIALA, J., SVOBODA, P., ŠIMONOVSKÝ, M.: Strojnické tabulky 2, SNTL, Praha 1988
- [5] FÜRBACHER, I., MACEK, K., STEIDL, J. a kol.: Lexikon technických materiálů, Odborné nakladatelství technické literatury
- [6] Internetové stránky firem uvedených v řešerši

Přílohy

Seznam sestavných a výrobních výkresů přiložených v diplomové práci

STAVITELNY STRESNI NOSIC	MONT. SESTAVA			DP-567-00.00	1
CEP 2 [*]	KR 28-37	X20Cr13	DIN 1013-1	DP-567-00.01	2
DORAZ 2 [*]	KR 28-5	X20Cr13	DIN 1013-1	DP-567-00.02	2
DORAZ 3 [*]	VYSTRIZEK	TECH. PRYZ		DP-567-00.03	4
PODELNY NOSIC LEVY [*]	4HR 70-1610	EN AW-7010	CSN EN 755-4	DP-567-00.04	1
PODELNY NOSIC PRAVY [*]	4HR 70-1610	EN AW-7010	CSN EN 755-4	DP-567-00.05	1
POUZDRO LEVE [*]	KR 32-10	X20Cr13	DIN 1013-1	DP-567-00.06	2
POUZDRO PRAVE [*]	KR 32-10	X20Cr13	DIN 1013-1	DP-567-00.07	2
PRICNIK PRAVY [*]	4HR 40-890	EN AW-7010	CSN EN 755-4	DP-567-00.08	1
PRICNIK LEVY [*]	4HR 40-890	EN AW-7010	CSN EN 755-4	DP-567-00.09	1
ZAKLADNA LEVA PREDNI [*]	4HR 40-32	X20Cr13	CSN EN 755-4	DP-567-00.10	1
ZAKLADNA LEVA ZADNI [*]	4HR 40-32	X20Cr13	CSN EN 755-4	DP-567-00.11	1
ZAKLADNA PRAVA PREDNI [*]	4HR 40-32	X20Cr13	CSN EN 755-4	DP-567-00.12	1
ZAKLADNA PRAVA ZADNI [*]	4HR 40-32	X20Cr13	CSN EN 755-4	DP-567-00.13	1
ZARAZKA [*]	ODLITEK	42 2905.9		DP-567-00.14	2
STAVITELNA NOHA	MONT. SESTAVA			DP-567-01.00	4
CEP 1	KR 22-33	X20Cr13	DIN 1013-1	DP-567-01.01	1
DORAZ 1	KR 22-4	X20Cr13	DIN 1013-1	DP-567-01.02	1
NOHA	PLO 80x25-32	X20Cr13	DIN 178	DP-567-01.03	1
OSA	KR 25-48	X20Cr13	DIN 1013-1	DP-567-01.04	1

^{*} Výkres není součástí výkresové dokumentace